

## Realexperimente: Ökologische Gestaltungsprozesse in der Wissensgesellschaft

Groß, Matthias; Hoffmann-Riem, Holger; Krohn, Wolfgang

Veröffentlichungsversion / Published Version  
Monographie / monograph

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:  
transcript Verlag

### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Groß, M., Hoffmann-Riem, H., & Krohn, W. (2005). *Realexperimente: Ökologische Gestaltungsprozesse in der Wissensgesellschaft*. (Science Studies). Bielefeld: transcript Verlag. <https://doi.org/10.14361/9783839403044>

### Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY-NC-ND Lizenz (Namensnennung-Nicht-kommerziell-Keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier:  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.de>

### Terms of use:

This document is made available under a CC BY-NC-ND Licence (Attribution-Non Commercial-NoDerivatives). For more information see:  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0>

Matthias Groß  
Holger Hoffmann-Riem  
Wolfgang Krohn

# Realexperimente

Ökologische Gestaltungsprozesse  
in der Wissensgesellschaft



Realexperimente

**Matthias Groß** ist Soziologe (Dr. rer. soc.) und arbeitet am Department für Stadt- und Umweltsoziologie am Umweltforschungszentrum in Leipzig, wo er die gesellschaftliche Verarbeitung unerwarteter Folgen in Stadtplanung und Landschaftsdesign untersucht.

**Holger Hoffmann-Riem** arbeitet als Umweltwissenschaftler (BSc, Dipl. Natw. ETH, Dr.) für das Schweizerische Transdisciplinarity Net und beschäftigt sich mit der Umsetzung ökologischen Wissens in konkrete Maßnahmen und der Erzeugung von Wissen im Anwendungskontext.

**Wolfgang Krohn** (Prof. Dr.) ist Wissenschaftssoziologe am Institut für Wissenschafts- und Technikforschung der Universität Bielefeld. Er untersucht den Funktionswandel der Wissenschaft in der Wissensgesellschaft.

Matthias Groß

Holger Hoffmann-Riem

Wolfgang Krohn

## **Realexperimente**

Ökologische Gestaltungsprozesse

in der Wissensgesellschaft

### **Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

© 2005 transcript Verlag, Bielefeld



This work is licensed under a Creative Commons  
Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 3.0 License.

Umschlaggestaltung und Innenlayout: Kordula Röckenhaus, Bielefeld

Projektmanagement: Andreas Hüllinghorst, Bielefeld

Satz: digitron GmbH, Bielefeld

Druck: Majuskel Medienproduktion GmbH, Wetzlar

ISBN 3-89942-304-6

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier mit chlorfrei gebleichtem Zellstoff.

Besuchen Sie uns im Internet: <http://www.transcript-verlag.de>

Bitte fordern Sie unser Gesamtverzeichnis und andere Broschüren an unter:  
[info@transcript-verlag.de](mailto:info@transcript-verlag.de)

# Inhalt

<b>Danksagung</b> .....	9
<b>1. Einleitung</b> .....	11
1.1 Experimentelle Praktiken in der Wissensgesellschaft ....	13
1.2 Typologie des Experimentierens .....	16
1.3 Realexperimente: Überraschung und Akkommodation ...	19
1.4 Zum weiteren Aufbau des Buches .....	23
<b>2. Experiment und Modernität</b> .....	27
2.1 Die Wurzeln des Experimentierens in der Renaissance ...	29
2.2 Legitimation des Experiments: Der baconische Kontrakt zwischen Wissenschaft und Gesellschaft .....	36
2.3 Das Selbst des Experimentators .....	41
2.4 Die Einbettung der Experimente in die Zyklichkeit der Natur .....	46
2.5 Die Verbindung von Lernprozessen innerhalb und außerhalb des Labors .....	51
<b>3. Die moderne Gesellschaft als Experimentierraum</b> .....	59
3.1 Gesellschaftswissenschaft und die Anwendung von Wissen .....	60
3.2 Die Stadt als gesellschaftliches Experiment .....	65
3.3 Sozialexperimente und die Experimentiergesellschaft ....	71
3.4 Gesellschaft im Selbstexperiment: Experimentelle Wissensgesellschaft .....	73

<b>4. Rekursives Lernen in der Sackgasse:</b>	
<b>Viehzucht in der Savanne Tansanias</b>	79
4.1 Mkwaja Ranch: Viehzucht als Herausforderung	82
4.2 Der Kampf gegen Zecken und Krankheitserreger	87
4.3 Von Fliegenbarrieren und sterilen Männchen: Die Kontrolle der Tsetsefliegen	93
4.4 Altöl, Ziegen und Traktoren – Mit voller Kraft gegen unerwartetes Gestrüpp	97
4.5 Sisal und Sozialismus: Externe Einflüsse auf das Schicksal der Ranch	102
4.6 Unterwegs im Labyrinth: Rekursives Scheitern	104
<b>5. Heterogene Akteure und experimentelle Kooperationen:</b>	
<b>Parkgestaltung in Chicago</b>	111
5.1 Naturschutz und Naturdesign	112
5.2 Ökologische Restaurierung in Nordamerika	113
5.3 Chicago, Green City: Ökologische Gestaltung in der Metropole	116
5.4 Stadt, Strand, Michigansee: Parkrestaurierung und städtische Planung	119
5.5 Gesellschaft und Wissenschaft in Kooperation: Die Öffentlichkeit als Gestalter	130
<b>6. Vergessenes Wissen und Überraschungen:</b>	
<b>Der Sempachersee als Labor</b>	135
6.1 Der Stand des Wissens um 1970	137
6.2 Vom Computermodell zur Seenbelüftung: Die Sanierung des Sempachersees	146
6.3 Vom überdüngten See zum überdüngten Boden	158
6.4 Durch Scheitern zum Erfolg: Seesanieung als rekursiver Lernprozess	166
<b>7. Experimentelle Praktiken der deutschen Abfallentsorgung:</b>	
<b>Von der wilden Deponie zum Dualen System</b>	173
7.1 Paradigmen der Müllentsorgung	175
7.2 Die ›wilde‹ Deponierung und die ›geordnete‹ Deponie	179
7.3 Experimentaldeponien: Die Verknüpfung von Theorie und Praxis	187



7.4	Organisationale Aspekte der Realexperimente mit Entsorgungsnetzwerken .....	192
7.5	Der Abfall im Kreislauf .....	195
7.6	Neue Wissensproduktion und die Zukunft des Mülls ....	204
<b>8.</b>	<b>Die Zukunft des Experiments in der Wissensgesellschaft .....</b>	<b>209</b>
<b>Literatur</b>	.....	<b>215</b>



## Danksagung

---

Das vorliegende Buch entspringt einem von der *VolkswagenStiftung* im Programm »Nachwuchsförderung in der fächerübergreifenden Umweltforschung« geförderten interdisziplinären Forschungsprojekt, das an der Universität Bielefeld durchgeführt wurde. Unser besonderer Dank gilt Professor Hagen Hof von der Stiftung für hilfsbereite Unterstützung und Beratung während der gesamten Laufzeit des Projektes. Weiterhin bedanken wir uns bei den Hilfskräften, Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die uns während des Forschungsprojektes zur Seite standen. Hierzu gehören Silke Beck, Natalie Gulsrud, Juliana Körnert, Thomas Leineweber, Melanie Lütig, Kai Reinhardt, Ulrike Schröder und Isabel Wolf. Ohne die angenehme Arbeitsatmosphäre des *Instituts für Wissenschafts- und Technikforschung* der Universität Bielefeld hätte dieses Buch nicht entstehen können.



## 1. Einleitung

---

Was sind Realexperimente? Das Präfix »real« verweist darauf, dass es sich um Experimentierprozesse handelt, die nicht in der Sonderwelt der wissenschaftlichen Laboratorien, sondern in der Gesellschaft stattfinden. Handelt es sich damit bei dem Begriff »Realexperiment« nicht um einen Widerspruch in sich? Ist ein Experiment als geplante, nach expliziten Regeln durchgeführte Form der Erkenntnisgewinnung nicht erst durch die klare Abgrenzung von Prozessen außerhalb des Labors ein »reales« Experiment? Bietet die Welt außerhalb des Labors aufgrund ihrer schlecht kontrollierbaren Randbedingungen nicht ausgesprochen ungünstige Voraussetzungen für das Experimentieren? Sind Bemühungen, Experimente aus ihrem angestammten Kontext in der Wissenschaft herauszulösen, nicht von vornherein zum Scheitern verurteilt?

Dieses Buch zeigt, dass dem nicht so sein muss. Experimente außerhalb des naturwissenschaftlichen Labors stellen keine grundsätzlich defizitäre Form des Laborexperimentes dar. Dazu müssen jedoch einige Voraussetzungen eines »realexperimentellen Designs« erfüllt sein. In Realexperimenten geht es zwar ebenso um gezielte Eingriffe und um Erkenntnisgewinn, jedoch nicht in erster Linie um Forschung und neues Wissen. Während Laborexperimente jene Verfahren sind, in denen Wissenschaftler ihre Ideen frei ausprobieren können, sind Realexperimente in soziale, ökologische und technische Gestaltungsprozesse eingebettet, die in der Regel von vielen Akteuren getragen werden. Da jedoch selten über die genaue Abfolge und die Erfolgsaussichtungen ein unzweifelhafter Konsens besteht, kommt der Frage entscheidende Bedeutung zu, wie man bei gegebenen Wissenslücken und Unsicherheiten dennoch zum Handeln kommen kann. Während die einen auf eine möglichst vollständige Absicherung aller Faktoren warten wollen und dabei möglicherweise den relevanten Zeitpunkt des Handelns verspielen, wollen die anderen sich in vermeintlicher Sicherheit

wiegen und so tun, als wären alle Handlungsfolgen zu überblicken. Realexperimente widersprechen beiden Seiten, aber bieten ihnen als produktiven Ausweg den eines *institutionalisierten Lernens* an. Widerspruch erhebt das Konzept sowohl gegen die im politischen Raum ständig angetroffene Überhöhung der scheinbaren Verlässlichkeit des Zukunftswissens (insbesondere bei Reformprogrammen), als auch gegen die Option des Nichthandelns, die vielen Bürgern risikoloser erscheint, als sich auf nicht überschaubares Neuland zu bewegen. Das Konzept des Realexperiments geht von dem Normalfall aus, dass man relativ viel über das, was man nicht weiß, wissen kann, und dass das Ausprobieren der effektivste Weg ist, sich selbst zu korrigieren und weiterzukommen.

Aus dieser Verwebung der Realexperimente mit Prozessen gesellschaftlichen Wandels geht ihre institutionelle Differenz zu den Laborexperimenten der Wissenschaft hervor. Jedoch werden wir in diesem Buch vielfach Gelegenheit haben, die scharfe Differenz zwischen einem allein auf das Wissenschaftssystem begrenzten Wissenserwerb und einer Anwendung anerkannten wissenschaftlichen Wissens außerhalb der Wissenschaften zu problematisieren. Die Differenz existiert – aber nicht als Markierung einer scharfen Grenze, sondern zwischen zwei Polen mit vielen Übergängen und Rückbezügen. Die öffentlichen Diskussionen über Freisetzungsversuche mit gentechnisch veränderten Pflanzen sind ein markantes Beispiel dafür, dass die moderne Forschung die Grenzen des naturwissenschaftlichen Labors überschreiten und dadurch Risiken der Erkenntnisproduktion in die Gesellschaft verlagern muss. Jedoch würde eine Haltung, die letzte Sicherheit von Laborexperimenten erwartet, niemals den Schritt »nach draußen« wagen können.

Wir werden in den folgenden Kapiteln auf verschiedene gesellschaftliche Bereiche treffen, in denen Wechselbeziehungen zwischen Wissenserzeugung und der Anwendung von Wissen besonders ausgeprägt sind. Um der Behauptung von der innovativen Funktion des Realexperiments in gesellschaftlichen Prozessen eine historische Dimension zu verschaffen, verfolgt dieses Buch die Entwicklung des Realexperiments von der Renaissance bis zur Gegenwart. Die Kapitel 2 und 3 versuchen dazu, historisch-systematisch an aktuelle Diskussionen heranzuführen und dabei Modellvorstellungen von Experimenten jenseits des naturwissenschaftlichen Labors zu entwerfen, die dann anhand von vier Fallbeispielen ökologischer Gestaltungen aus der Gegenwart und der jüngeren Vergangenheit vertieft, exemplifiziert und weiterentwickelt werden (Kapitel 4 bis 7). Abschließend wird auf Basis der Fallstudien diskutiert, wie Realexperimente für »robuste« Innovationsstrategien in der Gesellschaft eine Zukunft haben können und sollen.

## 1.1 Experimentelle Praktiken in der Wissensgesellschaft

Die Relevanz von Realexperimenten wird besonders deutlich, wenn man sie in den Kontext der Diskussion um die Wissensgesellschaft einbettet. Mit dem Begriff »Wissensgesellschaft« wird allgemein ein grundlegender Strukturwandel von einer Industriegesellschaft zu einer neuen Form des gesellschaftlichen Zusammenlebens bezeichnet, in der das Augenmerk auf Erwerb und Nutzung von Wissen gelegt wird. Die Konstatierung einer enger werdenden Beziehung zwischen Wissenschaft und Gesellschaft in der Wissensgesellschaft gehört mittlerweile zum Kanon der Wissenschaftsforschung (vgl. Nowotny et al. 2004; Weingart 2001). Die Rede von der Wissensgesellschaft zeigt damit an, dass sich gewohnte Gegenüberstellungen von ›Wissenschaft versus Gesellschaft‹ oder von ›Erkenntnis versus Anwendung‹ aufzulösen beginnen. Wegen der Herkunft der Wissenschaft aus den handlungsentlasteten institutionellen Räumen des Labors und des Theoriediskurses hat sich der Mythos der Differenz von ›reiner‹ wissenschaftlicher Aktivität und außerwissenschaftlichem Kontext jedoch länger gehalten, als es die empirische Beobachtung in verschiedenen Bereichen der Gesellschaft nahe legt.

Bei der Verwendung des Begriffs der Wissensgesellschaft muss weiterhin bedacht werden, dass Wissensgenerierung immer auch die Erweiterung des Nichtwissens einschließt (vgl. Krohn 2003; Mittelstraß 1998; Wehling 2001): Mit der Verwendung neuen Wissens ist zwangsläufig auch ein Zuwachs an neuen Ungewissheiten, Unsicherheiten und Risiken verbunden. So herrscht Ungewissheit über den empirischen Bestätigungsgrad des modellierten Wissens oder Technikentwurfs; Unsicherheit entsteht wegen der unbekannten Einbettungsbedingungen des modellierten Wissens in einen Kontext; Risiken werden sichtbar durch die Abwägungen von Vor- und Nachteilen, die durch die Entscheidung für einen bestimmten Pfad gemindert oder ausgeschlossen werden.

Es stellt sich die Frage: Was wird der Gesellschaft dadurch zugemutet? In der Wissenschaftsforschung ist dazu die Bedeutung experimenteller Praktiken herausgestellt worden. Ian Hacking (1983) hat beispielsweise argumentiert, dass die Experimentalpraktiken nicht auf eine Hilfsfunktion bei der Formulierung von Theorien reduziert werden können, sondern stattdessen ein von der Theorieentwicklung relativ unabhängiges Eigenleben führen. Eine Reihe empirischer Studien haben für verschiedene Forschungsfelder bestätigt, dass sich solche Praktiken auch in verschiedenen Bereichen der Gesellschaft finden lassen (Gooding 1990; Pickering 1995; Rheinberger 2001; Schatzki et al. 2001). Es ist nun unsere These, dass die Wissensgesellschaft zunehmend durchzogen ist mit – häufig anders deklarierten – Forschungsstrategien, die sich experimenteller Praktiken bedienen.

»Wissensgesellschaft« bezeichnet dann eine Gesellschaft, die ihre Existenz auf solche experimentellen Praktiken gründet und so gesehen eine Gesellschaft der Selbst-Experimentierung ist. Selbst-Experimentierung bedeutet, dass bei experimentellen Praktiken immer auch Überraschungen involviert sind, da die Experimentatoren selbst Teil ihres Experimentes sind. Experimente führen zu einem unvorhersagbaren Ausgang, produzieren unbekannte Nebenfolgen und bedürfen daher ständiger Beobachtung, Auswertung und Justierung.

Wenn die Annahme richtig ist, dass die Wissensgesellschaft von den Unbestimmtheiten der Forschungsprozesse durchzogen ist und auch jene stimmt, dass hierdurch Experimentalstrategien die Gesellschaft strukturieren, dann stellt sich die Frage nach der Beteiligung der Akteure bei den experimentellen Praktiken. Die Bereitschaft der Gesellschaft zum Lernen wird zu einem Schlüsselmerkmal der gegenwärtigen Entwicklung zur Wissensgesellschaft. Sie ersetzt die Orientierung am Gewohnten und die normative Orientierung am Berechtigten durch das kognitive Interesse am Unbekannten. Diese Beobachtung muss jedoch durch einen weiteren Aspekt vervollständigt werden. Gerade weil sich Realexperimente nicht auf das Labor begrenzen lassen, lassen sie sich nicht ausschließlich mit rein wissenschaftlichen Motiven wie dem Erkenntniserwerb oder mit Kriterien wie der Wahrheit und Reliabilität wissenschaftlichen Wissens legitimieren. Vielmehr bedürfen sie zusätzlicher sozialer Akzeptanz und Legitimation.

In der Vergangenheit wurde häufig versucht, die Öffentlichkeit durch Geheimhaltung und Unterdrückung kritischer Beobachtungen »auszuschalten«. Insbesondere in Experimenten im Bereich der militärischen Nutzung unterblieb häufig die Offenlegung von experimentellen Designs (Krohn/Weyer 1989; Weyer 1991). Die umfassende Benennung und Zugänglichkeit der Informationen, der Ausweis der Voraussetzungen und des Vorgehens sowie die partizipative Einbindung der Betroffenen werden in solchen Fällen größtenteils nicht benannt. Die zahlreichen Beispiele für Experimente, die es auf dem Gebiet der Humanmedizin gab und gibt (vgl. Bonneuil 2000; Eckart 1997; Klee 1997; Pappworth 1967), zeigen auf, wie unabdingbar die Transparenz und allgemeine Zugänglichkeit realexperimenteller Lernprozesse in all ihren Phasen sein muss und kann (vgl. Brown 2003; Ezrahi 1990; Jasanoff/Wynne 1998).

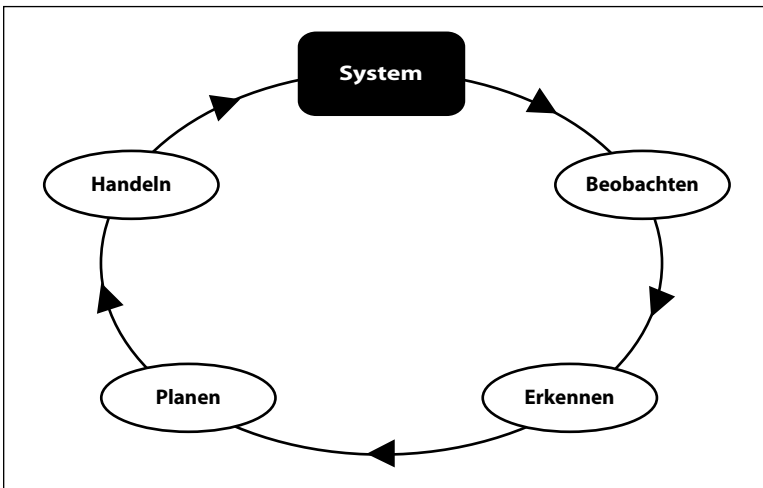
So wichtig es ist, diese prekären Fälle zu erwähnen, so findet sich doch die Breite der Beispiele heute wahrscheinlich eher dort, wo es genügend Anpassungsreserven gibt und für weitere Anwendungen Lernergebnisse eingebaut werden können. Dazu gehören auch viele ökologische Gestaltungsprozesse. Dort kommt es zwar auch zu Fehlentwicklungen, zur Aufdeckung von Nichtwissen und zur Auflösung von Gewissheiten in Unsicherheiten, jedoch sind keineswegs alle Überraschungen negativ. Eine öffentlich



verantwortbare und rechtsstaatlich legale Konzeption von Realexperimenten muss ihren sozialen Dimensionen sowohl sachlich als auch prozedural Rechnung tragen. Diese erstreckt sich auf die Gestaltungsziele, auf das Design sowie auf Formen und Verfahren der Beteiligung. Nur dadurch kann Lernerfolg garantiert werden – wenn auch nicht immer Handlungserfolg. Wie muss sich nun eine realexperimentelle Handlungsweise strukturieren?

Zentral für das Konzept der Realexperimente ist, dass die Wissensanwendung von erprobtem Wissen in neuen Umgebungen immer auch einen Schritt der weiteren Wissenserzeugung darstellt. Die aus vorsichtigen Probieprozessen entstehenden Erfahrungen können so – trotz einzelner Fehlschläge, die es sowieso gibt – gezielt verarbeitet werden. Auf diese Weise kann die Anwendung von Wissen mit dem Erwerb von Wissen verknüpft werden. Dieser Prozess soll im Folgenden als »rekursiver Lernprozess« bezeichnet werden. Er wird in Abbildung 1.1 in einem einfachen Modell dargestellt.

Abb. 1.1: Einfacher rekursiver Lernprozess



Die hier illustrierte Verknüpfung von Wissenserzeugung (Erkennen) und Wissensanwendung (Handeln) erlaubt es, aus Beobachtungen Folgerungen über das Nichtwissen zu ziehen. Dieses Nichtwissen kann zur Entstehung eines situationsspezifischen Wissens (Erkennen) beitragen, auf dessen Grundlage nun neue Eingriffe geplant werden können, die zu neuen Handlungen führen.

Verallgemeinert lautet die Behauptung, dass in der modernen Wis-

sensgesellschaft die Suche nach neuem Wissen und die Anwendung erprobten und gesicherten Wissens Hand in Hand gehen. Häufig führt die Anwendung zur Entdeckung von Wissenslücken und neuen Unsicherheiten, wobei gleichzeitig neue Entscheidungen über Eingriffe auf der Basis von unvollständigem und lückenhaftem Wissen getroffen werden müssen. Je offener über den realexperimentellen Charakter dieser Innovationsprozesse kommuniziert wird, desto offensichtlicher wird auch der Bedarf an Institutionen, die der sozialen Akzeptanz und politischen Legitimation dienen. Der klassische Mechanismus, nach der Exekutive und Verwaltung bestimmen, was den Bürger zu erwarten hat, wird dem legitimen Grundbedürfnis nicht gerecht, dass Betroffene von experimentellen Praktiken aktiv Beteiligte sein wollen. Wir werden in unseren Fallstudien (Kap. 4 bis 7) immer wieder auf Versuche stoßen, wie betroffene und engagierte Bürger sich einbeziehen. Es scheint jedoch klar, dass auch in dieser Hinsicht der gegenwärtige Weg in die Wissensgesellschaft ein *experimenteller Weg* auf der Suche nach geeigneten Formen partizipativer Politik ist.

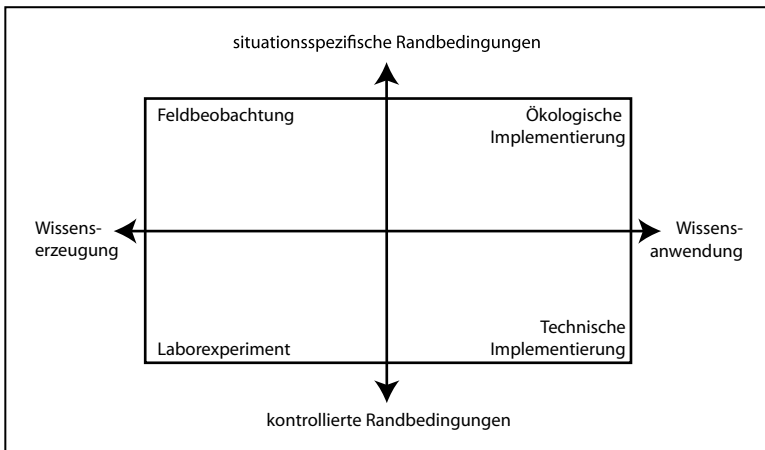
## 1.2 Typologie des Experimentierens

Um verschiedene Formen des Experimentierens einzuordnen und systematisch vergleichen zu können, wird im Folgenden ein heuristischer Rahmen anhand der Merkmale von Realexperimenten entwickelt. Was kennzeichnet also Realexperimente neben der oben erwähnten Verknüpfung der Erzeugung und der Anwendung von Wissen in unserem Feld ökologischer Gestaltungsprozesse? Die Kennzeichen von Realexperimenten lassen sich in einem vereinfachten Vierfelderschema zusammenfassen, welches wir als »Typologie des Experimentierens« bezeichnen (Abb. 1.2). Diese Typologie ist auf zwei Dimensionen aufgespannt. Eine erste Dimension ergibt sich aus der Frage, ob entweder die Anwendung oder die Erzeugung von Wissen handlungsleitend wird. Eine zweite Dimension geht aus dem Grad der Kontrollierbarkeit bzw. der Rekonstruierbarkeit von Randbedingungen hervor. Durch diese beiden Dimensionen ergibt sich eine Einteilung in vier idealtypische Formen der Wissenserzeugung und der Wissensanwendung: Laborexperimente; Feldbeobachtungen oder »natürliche Experimente«; ökologische Implementierungen und technische Implementierungen.

Auf der Seite der Wissenserzeugung zählen das *Laborexperiment* und die *Feldbeobachtung* zu den klassischen Forschungsstrategien moderner Wissenschaft. Der zentrale Unterschied zwischen ihnen besteht darin, dass im Laborexperiment – im Unterschied zur Feldbeobachtung – weitreichende Eingriffe in das beobachtete System vorgenommen und Randbedingungen vollständig isoliert und kontrolliert werden. Im Laborexperiment können

Vorgänge planmäßig ausgelöst und wiederholt werden, bei denen beobachtet wird, in welcher Weise sich unter Konstanzhaltung anderer Bedingungen mindestens eine abhängige Variable ändert. Aussagen über Beziehungen zwischen den isolierten Laborbedingungen und den situationsspezifischen Umweltbedingungen lassen sich dadurch nur bedingt machen. Feldbeobachtungen hingegen ermöglichen komplexe und situationsspezifische Beschreibungen.<sup>1</sup> In Feldbeobachtungen sind kontrollierte Eingriffe jedoch nicht vorgesehen. Weder bei Laborexperimenten noch bei Feldbeobachtungen wird versucht, kontrollierte und situationsspezifische Randbedingungen systematisch aufeinander zu beziehen.

Abb. 1.2: Typologie des Experimentierens



Bei Implementierungen überwiegt hingegen das Interesse an der Anwendung von Wissen, das nicht nur in einer Fachgemeinschaft anerkannt ist, sondern bereits in anderen Bereichen erprobt wurde und als zuverlässig gilt und im technischen Bereich über entsprechende Zertifikationen und Zulassungen verfügt. Neues Grundlagenwissen systematisch zu erwerben, wird deshalb nicht als notwendig erachtet. In diesem Fall handelt es sich um eine *technische Implementierung*. Erfolgt ein Eingriff hingegen in einem offenen Umweltsystem, so kann dies als *ökologische Implementierung* bezeichnet werden. Technische Implementierungen stellen bei ökologischen Gestaltungen eher einen Ausnahmefall dar.

<sup>1</sup> | In Strömungen der Ökologie im späten 19. Jahrhundert und frühen 20. Jahrhundert wurde dies als ›natürliches Experiment‹ bezeichnet und die Natur als Experimentator verstanden (vgl. Cittadino 1990; Kohler 2002, 2004).

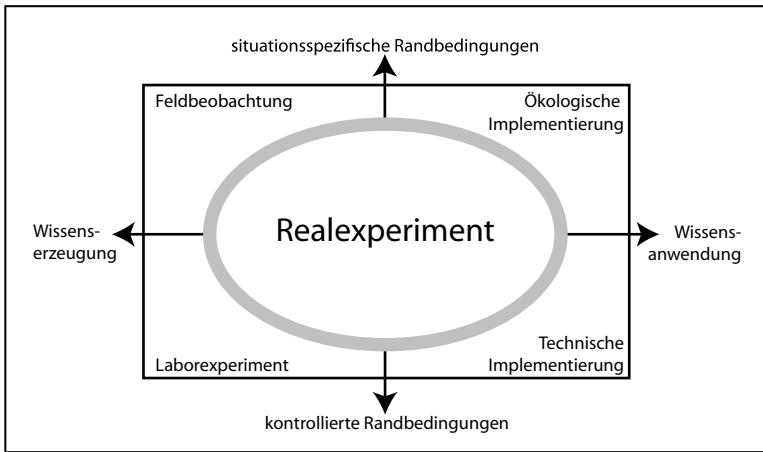
Die hauptsächliche Differenz zwischen technischen und ökologischen Implementierungen bezieht sich auf das Wissen über und die Steuerung von Randbedingungen. In technischen Systemen sind diese per definitionem konstruiert und manipulierbar, in ökologischen Systemen werden die Randbedingungen überwiegend als gegeben hingenommen. Entsprechend ist in technischen Systemen das kausale Wissen über die einzelnen Funktionszusammenhänge hoch und bei Bedarf präzisierbar (z.B. bei Unfallanalysen), während dieses Wissen in ökologischen Systemen nur punktuell besteht. Institutionell unterscheiden sich Wissenserzeugung und Wissensanwendung (linke und rechte Seite in Abb. 1.2) in erster Linie im Hinblick auf das Maß an rechtlich vorgeschriebener Sicherheit. Für Implementierungen wird – wie bei Prozessen der Wissensanwendung – ein hohes Maß, für technische Anlagen ein Höchstmaß an Verlässlichkeit verlangt. Die Kehrseite dieser rechtlichen Konditionierung ist dann allerdings auch, dass die Bereitschaft zur Offenlegung von Risiken und zur Wahrnehmung von Gefahren unter das Maß abgesenkt wird, welches für den Umgang mit komplexen Anlagen normalerweise nötig ist. Der entscheidende Unterschied von technischen Implementierungen zu ökologischen Gestaltungen liegt hier in den Grenzen des Einflussbereichs. Technische Implementierungen werden in geschlossenen technischen Systemen – wie zum Beispiel einer Fabrik – durchgeführt. Lediglich bei katastrophalen Unfällen ziehen unerwartete Ereignisse unmittelbare Folgen nach sich, die über die Grenzen des geschlossenen Systems hinaus wirksam sind.

Zwischen den vier Idealtypen (Laborexperiment, Feldbeobachtung, ökologische Implementierung und technische Implementierung) gibt es zahlreiche Übergänge, von denen nur einige benannt seien: Technische Pilotanlagen liegen zwischen Laborexperimenten und Implementierungen. Häufig sind hier die grundlegenden Prozesse im Labor verstanden, nicht aber die Bedingungen des »scaling-up«; andere Beispiele sind Forschungsreaktoren und Demonstrationsanlagen. Zwischen Feldbeobachtungen und ökologischen Implementierungen liegen bestimmte Renaturierungsprojekte, in denen massive Eingriffe in Systeme mit deren Eigendynamik verknüpft werden. Im Zwischenbereich von technischen und ökologischen Implementierungen liegen etwa die modernen Fischereizuchtanstalten im offenen Meer, in denen der abgegrenzte Anlagenbau mit einem offenen Rand zur maritimen Umwelt versehen ist. Eine Zwischenstellung zwischen Laborexperimenten und Feldbeobachtungen nehmen zum Beispiel Ökosystem-Experimente ein. Sie integrieren situationsspezifische Randbedingungen mit kontrollierten Eingriffen (vgl. Bormann/Likens 1979; Schindler 1974; Sudicky 1986). Ökosystem-Experimente stehen im Unterschied zu

Realexperimenten nicht in einem sozialen Gestaltungskontext, sondern dienen der Analyse von Umweltsystemen.<sup>2</sup>

Es ließen sich hier noch weitere Beispiele für Übergänge zwischen den vier verschiedenen Idealtypen aufzählen. Entscheidend ist jedoch, dass Realexperimente Merkmale dieser verschiedenen Formen des Experimentierens verbinden. Sie können daher in der Mitte des Schemas in Abbildung 1.3 dargestellt werden.

Abb. 1.3: Einordnung von Realexperimenten in die Typologie des Experimentierens



### 1.3 Realexperimente: Überraschung und Akkommodation

Die oben beschriebene Pluralität der Teilnehmer und die Heterogenität der Kontexte, die die neue Wissensgenerierung in der Wissensgesellschaft mit sich bringt, verlangt jedoch ein umfassenderes rekursives Lernen, als es in Abbildung 1.1 dargestellt wurde. Der einfache vierstufige rekursive Prozess zwischen Beobachten, Erkennen, Planen und Handeln reicht für die Analyse konkreter Fälle meist nicht aus, da eine Vielfalt von Aspekten ins Spiel kommt. Insbesondere im Rahmen ökologischer Gestaltungen laufen gesellschaftliche *und* natürliche Prozesse ab, die teilweise aufeinander folgen,

**2 |** Hierzu lassen sich auch frühere Arbeiten aus dem Bereich des *Adaptive Management* in der Ökologie zählen (zum Überblick siehe Walters/Holling 1990), wengleich in aktuellen Forschungen die Ähnlichkeiten zu Realexperimenten deutlicher werden (vgl. Murray/Marmorek 2003; Marmorek 2004).

teilweise auch parallel stattfinden. Deren vielfältige Komponenten sind mit unterschiedlichem Gewicht besetzt. Gelegentlich ist das naturwissenschaftliche Wissen bekannt, soziale Konfliktpotentiale sind dagegen hoch. In anderen Fällen mögen die sozialen Anpassungsleistungen längst gesetzliche Routine sein, die wissenschaftliche Analyse dagegen kann auf unerwartete Überraschungen stoßen. In dicht besiedelten Gebieten ist eine ökologische Gestaltung jedoch fast immer komplexen Verhandlungsprozessen unterworfen, die nur zum Teil von Wissenschaftlern oder einer anderen bestimmten gesellschaftlichen Gruppe gesteuert werden können.

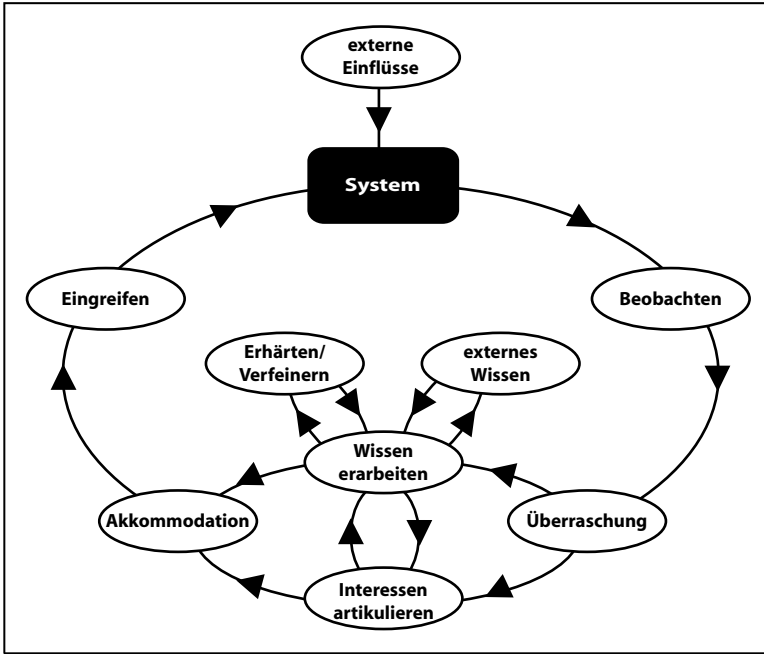
Der in Abbildung 1.4 dargestellte *erweiterte Gestaltungszyklus* wurde aus der Analyse von Fokusgruppen-Gesprächen, offenen Interviews, Notizen aus Meetings, Archivmaterialien, grauer Literatur und internen Memos heraus entwickelt. Die in verschiedenen Feld- und Forschungsaufenthalten gesammelten Materialien wurden mit einem qualitativen Textanalyse-Programm kodiert. Auf der Grundlage der Kodierungen bildeten wir Kategorien und arbeiteten häufig wiederkehrende Themen und Kernpunkte heraus, die dann verglichen wurden, bis wir uns auf ein Schema einigen konnten.<sup>3</sup> Entsprechend ist der hieraus hervorgegangene Gestaltungszyklus als interdisziplinärer Idealtypus zu verstehen. Er stellt für die folgenden Kapitel so etwas wie den Kernablauf der verschiedenen Fälle dar, wenngleich die an den Zyklus angefügten Komponenten nicht in allen Fällen gleich wichtig sind.

Wie auch in Abbildung 1.1 beginnt der Gestaltungsprozess in Abbildung 1.4 mit der Beobachtung eines ›Systems‹. Widersprechen die Beobachtungen den Erwartungen, so sprechen wir in Anlehnung an Holling (1986: 294) von *Überraschung*:

»Surprise concerns both the natural system and the people who seek to understand causes, to expect behaviors, and to achieve some defined purpose by action. Surprises occur when causes turn out to be sharply different than was conceived, when behaviors are profoundly unexpected, and when action produces a result opposite to that intended – in short, when perceived reality departs *qualitatively* from expectation« (Hervorhebung im Original).

**3 |** Zur Rekonstruktion des mühsamen Prozesses einer von der *Grounded Theory* inspirierten Vorgehensweise in der Zusammenarbeit zwischen einem Natur- und einem Sozialwissenschaftler in der fächerübergreifenden Umweltforschung siehe Hoffmann-Riem/Groß (2005).

Abb. 1.4: Erweiterter Gestaltungszyklus



Überraschung, als Abweichung von der Erwartung, ist ein zentraler Aspekt der Rekursivität ökologischer Gestaltungen. Bereits Georg Simmel diskutierte das Phänomen der Überraschung im Zusammenhang mit der Unvorhersehbarkeit durch Menschen initiiert *»natürlicher«* Prozesse. Überraschungen werden für ihn verarbeitet, indem *»ein Menschenwerk schließlich wie ein Naturprodukt empfunden wird«* (Simmel 1998: 120). Simmel ging es darum, den Fokus auf die *Wechselwirkung* zwischen Mensch und materieller Umwelt zu legen, in der neu initiierte Gestaltungsprozesse eine Eigendynamik entwickeln können, die wieder als *»natürlich«* empfunden werden, weil sie einer planvollen Kontrolle entzogen sind. Diese neuen Widerstände müssen erneut verarbeitet werden (vgl. Groß 2005).

Überraschungsoffenheit ist daher ein wichtiges Charakteristikum, um eine Weiterführung der Gestaltung auch angesichts von Versagen zu gewährleisten. Überraschungsoffenheit beinhaltet ebenso eine Offenheit gegenüber dem Nichtwissen, indem auch Unsicherheiten und Grenzen des Wissens ins Zentrum der Aufmerksamkeit gerückt werden. Es ist eine Voraussetzung für erfolgreiches *»Handeln trotz Nichtwissens«* (Böschen et al. 2004). Eine Überraschung, hervorgehend aus dem Unterschied zwischen

dem Erwarteten und dem tatsächlich Erfahrbaren, ist jedoch immer eine Zuschreibung, die vom Beobachter abhängig ist, denn, wie Michael Thompson es treffend zusammenfasste, »whenever something unexpected befalls us, there is always someone who ›saw it coming‹« (zitiert nach Janssen 2002: 241). Damit ist festgelegt, dass ohne einen Erwartungshorizont, der einer bestimmten Akteursgruppe zugeschrieben werden kann, keine Überraschung sinnvoll registriert werden kann. In vielen Situationen ist zwar vorab kein expliziter Sollwert festgelegt, aber mit dem so verstandenen Begriff der Überraschung lassen sich zumindest in der Rekonstruktion (latente) Erwartungen feststellen, auch wenn sie vor der Überraschung nicht unmittelbar kommuniziert wurden. In der Alltagswelt können Erfahrungsgewohnheiten diese Funktion übernehmen, in Lernumgebungen leisten dies die in hypothetischen Beschreibungen erfassten Vermutungen. Entscheidend ist, dass eine Überraschung als eine Abweichung von einer Erwartung kommuniziert werden muss.

So verstanden schließt rekursives Lernen auch immer eine Verständigung darüber ein, ob und unter welchen Bedingungen die beteiligten Akteure zu einer Fortführung eines Gestaltungsprozesses bereit sind. Den gesellschaftlichen Akteuren stehen für die Fortführung zwei Wege der Bewältigung der durch eine überraschende Beobachtung entstandenen Unsicherheit offen: die Revision des bestehenden Wissen und die Neuverhandlung der Interessenlage der Akteurskonstellation. Letzteres wird immer dann im Vordergrund stehen, wenn sich die Risikoverteilungen etwa hinsichtlich der finanziellen Belastungen überraschend verschoben haben. Mit der Revision des Wissens wird auf Differenzen zwischen Erwartungen und Beobachtungen reagiert. Bevor es zu einem Eingriff in ein System kommt, müssen das neue Wissen und die Interessenskonstellation einander angepasst werden. Wir sprechen hier, in Anlehnung an Robert Park und Ernest Burgess (1972), von einer *Akkommodation*. Park und Burgess bringen in diesem Begriff zum Ausdruck, dass Menschen sich in neue Umgebungen einleben können oder müssen: »Akkommodation« meint weder passive Anpassung noch willkürlich durchführbare Veränderung; vielmehr nimmt dieser Begriff eine Mittelstellung zwischen beiden Seiten ein. Mit ihm lässt sich im Verständnis von Park und Burgess die »aktive« soziale Einordnung und Integration als auch die Angleichung an natürliche Gegebenheiten beschreiben (Park/Burgess 1972: 663-666; vgl. Groß 2003: 107-110; Teherani-Krönner 1992: 76-100). Mit »Akkommodation« lassen sich dann sowohl die kulturelle als auch die ökologische Seite der gesellschaftlichen Entwicklung fassen, egal, ob es sich um eine außer Kontrolle geratene Natur oder eine soziale Veränderung handelt (vgl. Kap. 3.2). Nach einer Akkommodation erfolgt dann der Eingriff.



Auf diese Weise ergibt sich ein geschlossener Kreislauf, in dem der Eingriff beeinflusst, was beobachtet wird – und in dem das Ergebnis der Beobachtung wiederum die Gestaltung des Eingriffs beim nächsten Durchlauf durch den Zyklus beeinflusst. In einem weiteren Durchlauf durch den rekursiven Zyklus kann allerdings auch das neu erarbeitete Wissen wieder in Frage gestellt werden. Dies wird mit zwei Ergänzungen im Gestaltungszyklus in Abbildung 1.4 illustriert. Bei der Wissenserarbeitung können in manchen Fällen angegliederte Laboruntersuchungen dazu dienen, Wissen zu ›erhärten‹ oder zu ›verfeinern‹. Es ist oft entscheidend, für die Erhärtung und Verfeinerung des Wissens auf ›traditionelle‹ Laborexperimente zurückzugreifen oder Vergleichsgutachten aus ähnlich gelagerten Fällen (›externes Wissen‹) einzuholen. Dies zeigt, dass in Realexperimenten Ergebnisse aus anderen Experimentierformen fruchtbar miteinander kombiniert werden können.

## 1.4 Zum weiteren Aufbau des Buches

Im folgenden *Kapitel 2* wird in einer historischen Heranführung an heutige Formen des Experimentierens außerhalb des naturwissenschaftlichen Labors gezeigt, dass realexperimentelle Formen der Wissensgenerierung eine reiche Vorgeschichte haben. Die Beispiele reichen von der Agrikulturchemie über die Medizin hin zu Feldern sozio-technischer Systeme. Das Kapitel beginnt mit einer Diskussion des von Francis Bacon entworfenen Gesellschaftsvertrages, der eine Gesellschaft des Experimentierens einforderte. Hieran knüpft der Experimentbegriff bei Johann Wolfgang von Goethe an. Bei Goethe steht der Experimentator dem experimentellen Vorgang nicht objektiv gegenüber, stattdessen betrachtet er das Experiment als Vermittler von Objekt und Subjekt. Dieser Gedanke führt uns weiter zu Justus von Liebig's Überlegungen über die Einbettung des wissenschaftlichen Experiments in die Dynamiken der äußeren Natur und zu Louis Pasteurs Wagnis, Experimente als öffentliche Demonstrationen zu initiieren – weniger um seine wissenschaftlichen Kritiker, sondern um die breite Öffentlichkeit zu überzeugen. Dies zeigt auf, wie der öffentliche Diskurs eine Voraussetzung für realexperimentelle Praktiken sein kann.

Auf gesellschaftswissenschaftlicher Seite gehen die Bemühungen um ein Konzept des Experimentierens außerhalb des Labors bis mindestens in die Mitte des 19. Jahrhunderts zurück. Dies wird an einigen exemplarisch herausgegriffenen Autoren Thema von *Kapitel 3* sein. Insbesondere Überlegungen der frühen ›wissenschaftlichen‹ Soziologie in Auseinandersetzung mit der ›soziologischen‹ Sozialarbeit, deren Vorstellungen zur Verknüp-

fung der Generierung und Anwendung von Wissen sowie das Konzept einer gesellschaftlichen Selbstexperimentierung werden hier als Ideengeber für heutige Realexperimente diskutiert.

Aufbauend auf diese Ausführungen in Kapitel 2 und 3 werden in den anschließenden Kapiteln 4 bis 7 vier spezifische Fälle realexperimenteller Praktiken vorgestellt.

Der im *Kapitel 4* analysierte Fall, der sich über einen Zeitraum von fast 50 Jahren erstreckt, rekonstruiert den Versuch, eine rentable Ranch in Tansania zu etablieren. Hier steht die Herausforderung im Mittelpunkt, in der afrikanischen Savanne erfolgreich Viehzucht zu betreiben. Der zu Beginn der 1950er Jahre vorgenommene Eingriff in ein wenig verstandenes Ökosystem zog in ihren Ausmaßen ungeahnte Probleme – wie neue Krankheiten und schwer kontrollierbare Verbuschung – nach sich. Der Fall beleuchtet, wie diese Phänomene über Jahrzehnte als Normalfall betrachtet wurden und wie unverzichtbar rekursives Lernen gerade dann ist, wenn es an seine Grenzen stößt.

Ein hinsichtlich seiner gesellschaftlichen Einbettung ganz anders gelagerter Fall wird in *Kapitel 5* diskutiert. Es geht hier um Montrose Point, eine in den Michigansee ragende Halbinsel im Norden der Stadt Chicago. Der Fall ist für das Verständnis von erfolgreichen Realexperimenten von Bedeutung, weil hier seit den frühen 1990er Jahren die Vorstellungen und Wünsche von Nicht-Wissenschaftlern eine Initial-Rolle spielen. Nicht-Wissenschaftler (z.B. Anwohner) passen sich hier nicht an ein experimentelles Design an, sondern liefern selbst Anstöße für das experimentelle Vorgehen.

Hinsichtlich der wissenschaftlichen Strategien und der Einbeziehung der Öffentlichkeit nimmt die Sanierung des Sempachersees im Kanton Luzern in der Schweiz eine Mittelstellung zwischen Mkwaja Ranch und Montrose Point ein. Dieser in *Kapitel 6* diskutierte Fall verdeutlicht, wie in Realexperimenten wissenschaftliche Erkenntnisstrategien und soziale Gestaltungen in rekursiven Lernprozessen aufeinander abgestimmt werden. Darüber hinaus ermöglicht der Fall Rückschlüsse über das Wechselspiel zwischen kontrollierten Experimenten im Labor, Feldbeobachtungen und realexperimentellen Eingriffen. Dabei zeigt sich, dass Realexperimente nicht eine minderwertigere Form des Experimentierens darstellen, sondern Impulse liefern, die aus kontrollierten Experimenten nicht gewonnen werden können.

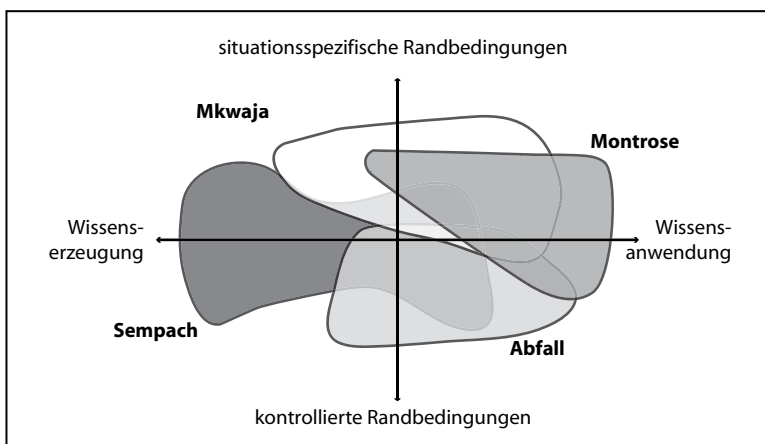
*Kapitel 7* schließt an die Fälle in Kapitel 5 und 6 an, indem hier die Komplexität der Materie und die Heterogenität der beteiligten Akteure in der Abfallwirtschaft in Deutschland herausgearbeitet werden. Wie auch in den vorangehenden Fällen lässt sich hier der Ursprung rekursiver Lernprozesse nicht als ein gezieltes risikobewusstes Handeln verorten, sondern eher im Anwachsen von Problemen, welche erst Jahre später angemessen

eingeschätzt wurden. Je länger jedoch die Entwicklung andauerte und immer noch andauert, desto deutlicher tritt eine realexperimentelle Vorgehensweise hervor.

Versuchen wir nun, diese vier Fälle – Mkwaja, Montrose, Sempach und Abfallwirtschaft – in die oben eingeführte Typologie (Abb. 1.2 und 1.3) einzuordnen, so zeigt sich, dass Realexperimente verschiedene Ausrichtungen und Schwerpunkte aufweisen können, ohne dadurch ihre gemeinsamen Kerneigenschaften zu verlieren. Dies illustriert Abbildung 1.5.<sup>4</sup> Der Fall der Mkwaja Ranch verdeutlicht zum Beispiel, dass situationsspezifische Randbedingungen der Normalfall sein können. Hier ging es in erster Linie um die Anwendung von bestehendem Wissen über Viehzucht in der Savanne und nur beiläufig um die Produktion neuen Wissens, das möglicherweise ranchübergreifend weiter verwertet werden könnte. Im Fall Montrose Point steht ganz klar zu Beginn die Wissensanwendung über die Begrünung und ökologische Gestaltung städtischer Parks im Vordergrund, wenngleich es sehr wohl das Ziel der beteiligten Akteure ist, aus der Gestaltungsarbeit weiteres Wissen sowohl für die naturwissenschaftliche als auch die soziale Seite zu gewinnen. Dieser Aspekt befindet sich jedoch noch in seinen Anfängen, weshalb die linke Seite der ›Wolke‹ in Abbildung 1.5 nur wenig in die Seite ›Wissenserzeugung‹ der Typologie hineinreicht. In diesem Fall wird neues Wissen (z.B. über das Rastverhalten von Vögeln) häufig aus eher situationsspezifischen Versuchen gewonnen, ganz im Gegensatz zum Fall Sempachersee. Beim Sempachersee geht es in erster Linie um die Generierung neuen Wissens zur Senkung des Phosphorgehaltes im See. Die Wolke illustriert sowohl die starke Anwendungsorientierung als auch den forschungsbetonten Schwerpunkt des Falls. Da sich in diesem Fall eine ausgeprägte technische Komponente findet, ist der untere Teil der Fläche rechts dominanter als der obere. Weiterhin verdeutlicht die linke Seite, dass die Wissenserzeugung gleichermaßen im Labor und im Feld stattfand. Einen besonderen Fall stellt die Studie ›Abfall‹ dar. Hier können zwar die Randbedingungen bei der Implementierung einzelner Entsorgungstechnologien als relativ kontrollierbar angesehen werden. Aber die umfassenderen Entsorgungskonzepte und -strategien bringen Verhaltensmuster und Wertvorstellungen ins Spiel, die schwer zu erfassen und zu kontrollieren sind, sich jedoch umso leichter wandeln können. Die Anwendung bestehenden Wissens steht jedoch deutlich im Vordergrund.

**4 |** Wie bei den vorherigen Abbildungen auch, soll durch Abbildung 1.5 keine objektiv messbare Festlegung der Darstellung suggeriert werden. Sie soll lediglich verdeutlichen, wie sich die Fälle in ihrer qualitativen Ausrichtung überschneiden und unterscheiden.

Abb. 1.5: Einordnung der Fallstudien innerhalb der Typologie des Experimentierens



Auf diese Einordnung der Fälle werden wir in den folgenden Kapiteln 4 bis 7 immer wieder zu sprechen kommen und zur Erinnerung die jeweilige ›Fallwolke‹ als Grafik an den Beginn des betreffenden Kapitels stellen.

Das *Abschlusskapitel* diskutiert die Ergebnisse der vier Fallstudien im Hinblick auf die Zukunft des Experimentierens im Kontext der Wissensgesellschaft. Dieses Kapitel schließt wieder – sozusagen rekursiv – an die historischen Diskussionen aus Kapitel 2 und 3 an, um zu resümieren, wie in einer sich abzeichnenden experimentellen Wissensgesellschaft ›robuster‹ mit Fehlentwicklungen und neuen Unsicherheiten umgegangen werden kann.

## 2. Experiment und Modernität

---

Das Experiment ist ein essentieller Bestandteil der neuzeitlichen Wissenschaft. Erklärtes Ziel von Experimenten ist nicht nur, die Mechanismen und Funktionen des Experimentalsystems zu beeinflussen, sondern auch diejenigen Segmente der Realität zu verstehen, die es repräsentiert (vgl. Hacking 1983). Seit Galileis (1564-1642) Versuchen zur Entdeckung des Fallgesetzes mit der schiefen Ebene, ausgeführt 1602-1604 und berichtet in den *Discorsi* über »zwei neue Wissenszweige« 1638, gilt die Methode des Experimentierens als der Schlüssel zur Erzielung derjenigen Erkenntnis, die für diese neuen Wissenschaften von größter Bedeutung sind – quantifizierte, in mathematischer Sprache formulierte Gesetze:

»Deshalb habe ich überlegt, ob man nicht mehrmals das Herabfallen durch geringe Höhe wiederholen könnte, so zwar, das seine Accumulation jener kleinen Zeitdifferenzen entstünde zwischen der Ankunft des schweren und des leichten Körpers, wodurch ein sogar sehr leicht wahrnehmbarer Unterschied in die Erscheinung träte. Um übrigens langsamere Bewegungen zu untersuchen, bei welchen die Arbeit des Widerstandes, die Wirkung der Schwere zu vermindern, kleiner ist, habe ich die Körper längs einer schwach geneigten Ebene fallen lassen« (Galilei 1973: 74f.).

Galileis Versuchsanordnung bietet einen dreifachen Gewinn: Vereinfachung, Manipulation und Wiederholbarkeit. Das moderne wissenschaftliche Laboratorium, in dem es um Techniken im Dienst der Naturerkenntnis geht, war geboren. In derselben Epoche verfasste Francis Bacon (1561-1626) den ersten systematischen Entwurf zum wissenschaftstheoretischen Verständnis der experimentellen Methode. Sein »*Novum Organum*« oder »Neues Werkzeug, oder die wahre Anleitung zur Interpretation der Natur« von 1620 (Bacon 1990a; 1990b) borgte seinen Namen *Organon* von der zusammenfassenden Benennung der aristotelischen Schriften zu Logik und

Rhetorik, die als das klassische ›Werkzeug‹ für scholastisches Operieren im Sprachraum der Argumentationen galten. Der »neue« Werkzeugkasten war – nach Aussage Bacons – dafür nicht gut, umso besser aber für das Operieren im Sachraum der Naturvorgänge, das Bacon für ungleich schwieriger hielt. »Die Feinheit der Natur übertrifft die der Sinne und des Verstandes um ein Vielfaches; jene schönen Erwägungen, Spekulationen und Begründungen der Menschen sind deshalb ungesunde Fundamente« (Bacon 1990a: 85 [N.O. I, Aph. 10]). Nur wenig später verkündete René Descartes (1596-1650) in einer berühmten Passage im Schlussabschnitt seines »Diskurses über die Methode«, dass die Menschen sich zu Herren und Meistern der Natur aufschwingen könnten, wenn sie seiner Anleitung zum »Gebrauch der Vernunft und zur Suche nach der Wahrheit in den Wissenschaften« (so der weitere Titel des Diskurses) Folge leisteten (Descartes 1969). Es schien, als sei mit der experimentellen Methode ein Königsweg für die gemeinsame große Erneuerung der Wissenschaft und der Gesellschaft gefunden worden. Oder, wie Immanuel Kant es 100 Jahre später an prominenter Stelle seiner »Kritik der reinen Vernunft« formulierte: das frühe 17. Jahrhundert hatte eine »Revolution der Denkart« hervorgebracht (Kant 1956: 16 [KdrV, Vorrede B XI]).<sup>5</sup>

Das vorliegende Buch steht sowohl in der Erbfolge als auch in kritischer Distanz zu dieser Revolution. Realexperimente entwickeln zwar die experimentelle Methode weiter und verlängern den experimentellen Arm hinein in Gesellschaft und in die Natur ›da draußen‹. Sie brechen aber auch mit der Grundvorstellung der Labormethode, die Kant mit jener Revolution anheben ließ. Nach Kant steht der Experimentator der Natur gegenüber wie ein »bestallter Richter, der die Zeugen nötigt« (Kant 1956: 18 [KdrV, Vorrede B XIII]). Im Realexperiment ist er selbst Teil des Experiments. Dieses Ende des »Exemptionalismus«, wie die Umweltsoziologen Dunlap und Catton (1994) das Selbstbild von der menschlichen Ausnahmeerscheinung genannt haben, trägt ambivalente Züge. In diesem Kapitel soll es darum gehen, auch die historischen Aspekte dieses ambivalenten Modernisierungsprojektes zur Sprache zu bringen. Gegenwärtige Veränderungen sind immer auch Anlässe dafür, die Geschichte neu zu lesen. So auch hier: Geht man davon aus, dass in der Wissensgesellschaft immer mehr Forschungsprozesse in die Modernisierungspraxis der Gesellschaft hineinreichen, so öffnet sich der Blick für die experimentellen Modernisierungszüge der Geschichte. War die Institutionalisierung der experimentellen Methode im ab-

5 | Die methodologische Differenz zwischen dem baconisch-empiristischen und dem cartesianisch-rationalistischen Ansatz entfaltet sich auf dem Boden dieser ›Revolution der Denkart‹. Bei beiden ist das Experiment der Weg, die Kausalforschung voranzutreiben.

gegrenzten Labor zu einem spezifischen Werkzeug im Dienst der Fabrikation von Theorien vielleicht immer schon ein Mythos? Ist sie vielleicht nur ein Aspekt eines vielfältigen Instrumentariums des wissenschaftlichen Experimentierens innerhalb und außerhalb des Labors? Ist das wissenschaftliche Experimentieren letztendlich sogar ein Teil einer viel reichhaltigeren Kultur experimentellen Wandels, zu dem vielleicht auch Ökonomie, Literatur, Moral und Religion zählen? Es ist ausgeschlossen, für diese Fragen hier umfassende und detaillierte Antworten bereitzustellen. Es geht uns darum, neben dem systematischen Versuch einer Definition des Realexperiments auch mit historischen Beispielen und Überlegungen plausibel zu machen, dass die Wechselbeziehungen zwischen Wissenschaft und Gesellschaft immer schon solche *innerhalb der Gesellschaft* gewesen sind – den Sonderstatus der Wissenschaft als institutionelle Welt auf Probe eingeschlossen. Im folgenden Abschnitt geht es um einen Versuch, die Wurzeln des Experimentierens in den Zusammenhang eines allgemeinen kulturellen Wandels zu stellen, der – Schlagworte der Renaissance gebrauchend – von einer *vita activa* zur *scientia operativa* führt.

## 2.1 Die Wurzeln des Experimentierens in der Renaissance

Zwei ganz unterschiedliche intellektuelle Kulturen bringen die Vorstellungen einer experimentellen Lebensgestaltung und Arbeitspraxis hervor: Der Humanismus der Renaissance entwirft neue Werte und Ideale einer *vita activa*; die Schicht der höheren Handwerker, Künstler und Ingenieure entwickelt eine Innovationspraxis, die die Einschränkungen der Zunfttraditionen sprengt. Legt man die Grundannahme der Wissenssoziologie über die kulturelle Seinsbindung des Wissens zugrunde, gehört die »Dekompartimentalisierung« (Panofsky 1962: 128) dieser in jeder Hinsicht verschiedenen Gruppierungen der Renaissancegesellschaft zu den erstaunlichsten Beispielen eines produktiven kulturellen Wandels. Bevor darauf eingegangen wird, werfen wir einen Blick auf die Beiträge der Humanisten und höheren Handwerker zur Idee des Experimentierens:

In ihrer ideengeschichtlichen Studie »Vita activa oder vom tätigen Leben« (1967) hat Hannah Arendt den tiefen Bruch zwischen den überkommenen Vorstellungen von Antike und Mittelalter zum hohen Wert des »kontemplativen« und dem geringerwertigen »tätigen Leben« dargestellt. Die Überlegenheit der Kontemplation beruhte sowohl auf der platonisch-aristotelischen Idee des der Theorie verpflichteten Lebens als auch auf der christlichen Pflicht zur Andacht. In den Stadtkulturen der Renaissance, allen voran Florenz, begannen die Zweifel an dieser Wertehierarchie. Coluc-

cio Salutati (1331-1406), der Kanzler von Florenz, entwickelte die humanistische Konzeption eines Voluntarismus, der von dem Vorrang des gestaltenden Willens gegenüber dem anschauenden Intellekt bestimmt war (Salutati 1990). Die theoretische Aufgabe der Wahrheitssicherung ist der praktischen Verwirklichung des Guten untergeordnet. Salutati handelte diese Vorstellungen in einer Streitschrift über den konkurrierenden Vorrang zwischen Rechtswissenschaft und Medizin ab, welche die beiden prominenten Handlungswissenschaften seiner Zeit waren. Der Vorrang gehört bei Salutati noch dem Recht, weil sein Ursprung im menschlichen Entschluss selbst liegt und daher seine Ursachenerkenntnis höhere Gewissheit gebietet, während der Ursprung der Medizin in der Natur liegt und daher die Medizin aus ihren Wirkungen erschlossen werden muss. Für einen im Staatsdienst beschäftigten Kanzler mag diese Höherbewertung des eigenen Gewerbes durchgehen. Beide Wissenschaften, und dies ist neu gegenüber der antiken Konzeption der theoretischen Kontemplation, haben sich zudem zu messen an ihrem gesellschaftlichen Nutzen (ebd.: 139). Auch hier schneidet das Recht wegen seiner gesetzgebenden deduktiven Kompetenz besser ab, während die Ärzte darauf angewiesen sind, am Kranken selbst auszuprobieren, was ihm hilft oder schadet. »Ist es nicht so, dass ihr den Sinn eurer Arzneien ermittelt, indem ihr sie an unsern Körpern ausprobiert, bevor man wissen [...] kann, ob sie zu- oder abträglich sind?« (ebd.: 145f.) Während Gott die Grundlagen des Gesetzes mit den zehn Geboten »in Tafeln meißelte«, beließ er die Medizin »in der Natur, damit sie durch lange Erfahrungen [longis experientiis] ihr entrissen würde«. Es gäbe die Wissenschaft gar nicht ohne die »Vielfalt tagtäglicher Erfahrung« (ebd.: 69). Als später in Salutatis Buch der personifizierten Medizin selbst die Gelegenheit zu einer Verteidigungsrede gegeben wird, betont sie: »Und ich schäme mich nicht, eine tätige Wissenschaft oder Kunst [scientia aut ars operativa] zu sein«, deren Ziel nicht Kontemplation, sondern ein »Werk« ist (»finis est opus«; ebd.: 257). Medizin (so triumphiert sie in ihrem Selbstlob) ist als aktive Wissenschaft das Verdienst einer aktiven Lebensführung. Salutatis Hervorhebung des freien Willens gegenüber der Kontemplation und seine Anerkennung einer operativen Wissenschaft gehören zusammen. *Scientia activa* findet in der *vita activa* statt. Salutatis Traktat ist

»ein in seiner Deutlichkeit und Klarheit einmaliges Dokument für den Beitrag des Humanismus zur Entstehung des neuzeitlichen Naturverständnisses und gehört daher zur Vorgeschichte der neuzeitlichen Naturwissenschaft. Humanismus und moderne Naturwissenschaft, Moralphilosophie und Technik sind daher nicht Gegensätze [...], sondern von ihrem Ursprung her aufeinander bezogen« (Kessler 1990: XXV).



Die humanistische Kontroverse über den Vorrang der aktiven Lebensführung berührte nicht nur die Wissenschaft. Viel wichtiger war die Rechtfertigung der neuen Stadtkulturen und ihrer profanen Herrscher – seien diese die Patrizier der Republiken oder die neureichen Adelsgeschlechter in den Oligarchien. Viele Humanisten hatten hohe Posten in den städtischen Verwaltungen und Bildungseinrichtungen und später an den Fürstenhöfen inne. Auch in diesen Berufen ging es um Ruhm, Lob und Ehre für die wagemutigen Taten der Emporkömmlinge in Politik und Wirtschaft. Hier traf sich das Thema des freien Willens mit dem Motiv der bedingungslosen Tat. Viele Erörterungen galten der Frage, wie die eigene Tatkraft (*virtus*) im Verhältnis zum unverfügbaren Schicksal (*fortuna*) stehe. »Es liegt nicht an der Vorsehung Gottes, sondern am Wollen und Laufen des Menschen«, heißt es bei Lorenzo Valla (1987: 135), wobei er die Distanz zur paulinischen Lehre herausstellt, nach der alles Geschick am Erbarmen Gottes hängt.

Die weitreichenden Folgen dieser Überlegungen über die gesamte Reformationszeit bis hin zu Kant können hier nicht angesprochen werden, ebenso wenig wie die Fortsetzung der *virtus*-Lehre in Machiavellis Politiktheorie, die das Handeln des Fürsten ausschließlich am Handlungserfolg orientiert. »Humanismus« bezeichnet neben dem schon in der Renaissance herausgebildeten Sinn der humanistischen Erziehung (*studia humanitatis*) die bedeutungsvolle Wende zum neuzeitlichen Anthropozentrismus. Pico della Mirandas berühmte »Rede über die Würde des Menschen« (1486) ist der literarische Höhepunkt dieser neuen Sicht des Menschen als freies Wesen. Seine Stellung in der Welt ist nicht durch eine feste Einbindung in die kosmischen Stufen des Seins bestimmt, sondern durch seine Fähigkeit (und Verpflichtung), sich selbst außerhalb der Naturordnung zu gestalten: »Du sollst deine Natur ohne Beschränkung nach dem freien Ermessen, dem ich dich überlassen habe, selbst bestimmen« (nach Kristeller 1974: 185). Diese, wie Hannah Arendt (1959: 2) sagt, »Rebellion gegen die vorgegebene Existenz des Menschen« findet seine wirkungsmächtigste Fortsetzung in der Besitzergreifung der Welt durch die experimentelle Erkenntnismethode.

Die zweite Quelle der experimentellen Einstellung zur Welt findet sich in den rhetorisch ungeschulten Schriften der höheren Handwerker, Künstler, Ingenieure, Instrumentenbauer und praktischen Chirurgen der Renaissance. Der Wissenschaftshistoriker Edgar Zilsel (2000) hat diese Schriften gesichtet und ihren Beitrag für die Erfassung der Welt durch Experimentalkünste analysiert. Die wichtigste soziologische Bedingung für die Herausbildung dieser neuen Literaturgattung ungelehrter Forschungsberichte war die Lockerung aus den Einbindungen der Zünfte, die grundsätzlich eine Politik der konservativen Bestandswahrung betrieben. Auch für die

Künstler-Ingenieure schufen Patronage und Mäzenatentum der neuen städtischen Oberschicht den Raum zur Entfaltung einer neuen Praxis der Entdeckungen und Erfindungen.

Leonardo da Vinci (1452-1519), ihr bedeutendster Vertreter, schrieb einen Brief an den Herzog von Mailand, Ludovico Sforza, in dem er zahlreiche Angriffs- und Verteidigungswaffen, Brückenkonstruktionen, Stollen und Geheimgänge, Tauchgeräte, Skulpturen in Marmor und Bronze zu verfertigen anbot. Der Brief schließt mit der Versicherung, dass Leonardo bereit wäre, an jedem gewünschten Ort eine »Demonstration« zu geben, »wenn irgendeine der oben genannten Sachen jemand für unmöglich oder für unausführbar erscheinen sollte« (Da Vinci 1952: 891 [Codex Atlanticus 391 r.o.]). Zu seinem Glück wurde er nicht zu dieser Probe gebeten; vieles wäre in wirklichen Experimenten sicher kläglich gescheitert. Die neue Freiheit der Konstrukteure bestand darin, dem Möglichkeitsraum des Entwurfs sein eigenes Recht zu geben. Er ist für die Techniker dasselbe wie für die Wissenschaftler der theoretische Raum der Hypothesen.

Eine bemerkenswerte Fallstudie zum Beitrag dieser frühen Experimentatoren zur neuen Wissenschaft hat Zisel für die Erforschung der Eigenschaften der Kompassnadel beziehungsweise des Magnetfeldes der Erde vorgelegt (Zisel 2000: 71ff.). Der Arzt der Königin Elisabeth, William Gilbert, publizierte 1600 »das erste von einem akademisch geschulten Gelehrten gedruckte Buch über einen Gegenstand der Naturwissenschaft, das fast vollständig auf Beobachtung und Experiment gegründet ist« (Zisel 1976: 98): »De Magnete«. Zisel wies nach, dass fast alle Experimentalanordnungen und Befunde aus der Schrift »The New Attractive« (1581) des pensionierten Seefahrers und Instrumentenbauers Robert Norman stammen, den Gilbert »einen erfahrenen Seefahrer und genialen Erfinder nennt« (Zisel 1976: 114). Normans Untersuchungen galten zum Teil recht schwierigen Fragen, denen er sich durch feine Versuchsanordnungen widmete, wie z.B. dem Zusammenhang zwischen magnetischer Kraft und magnetisierter Masse. Gilbert, der die Anordnungen übernahm, bemühte zugleich Theorien, die noch ganz in neo-platonischen und aristotelischen Kategorien eingebettet waren. Dennoch verspottet er diejenigen, die experimentell unüberprüfbare Behauptungen verbreiten, wie etwa jene, »dass der Magnet lebt, und sich von Eisen ernährt« (ebd.: 100). Wissenschaftshistorisch gehörte Gilbert jener kleinen Gruppe von Gelehrten an, die im 16. Jahrhundert Erfahrungen und Methoden von experimentierenden Praktikern aufnahmen und für naturphilosophische Ziele fruchtbar zu machen suchten. Auf der Gegenseite gab es unter den Künstlern, Architekten und höheren Handwerkern Autoren, die zur Ausgestaltung ihres praktischen Wissens auf naturphilosophisches und humanistisches Ideengut zurückgriffen. Waren es im 15. Jahrhundert vor allem Künstler und Humanisten, aus de-

ren Beziehungen ein neues Geflecht zwischen artistischer Praxis und neoplatonischer Welterkenntnis entstand, kam später das Zusammenwirken zwischen praktizierenden Ärzten und medizinischen Gelehrten, zwischen Navigatoren und Mathematikern, zwischen Ingenieuren und Aristotelikern hinzu.<sup>6</sup> In diesem Aufsprengen gewohnter Grenzen zwischen der beobachtenden, nutzenentlasteten Tätigkeit der wissenschaftlichen Erkenntnis und der auf praktische Neuerungen gerichteten Neugier der höheren Handwerker, Ingenieure und Ärzte entstand die experimentelle Erkenntnismethode, die der modernen Wissenschaft ihre Charakteristik verleiht. Dieser »soziale Aufstieg der experimentellen Methode aus der Klasse der Handarbeiter zu den Rängen der Universitätsgelehrten im frühen 17. Jahrhundert war ein entscheidendes Ereignis in der Geschichte der Wissenschaft« (ebd.: 124; Zilsel 2000: 93). Jedoch – und darauf kommt es hier an – ist die Durchbrechung der sozialen Barrieren nicht wissenschaftsspezifisch, sondern steht im Zusammenhang mit dem Umbruch der Gesellschaft, der sich in vielen Bereichen zeigt. Die Kunst der Renaissance, das Menschenbild des Humanismus, die religiöse Reformation und die Entdeckungsreisen werden die Symbole eines wagemutigen Aufbruchs in ein neues Zeitalter. In dreifacher Weise kennzeichnet das Experiment in der frühen Neuzeit dann ein neues Weltverhältnis:

*Erstens* tritt es als *Naturverhältnis* auf. Dies bedeutet den Gewinn der Planung und Kontrolle im Umgang mit der Natur und den Verlust der Einbettung in die kosmische Ganzheit. Nach Alexandre Koyré (1969: 11) hat im 16. und 17. Jahrhundert »der europäische Geist eine tiefgreifende Revolution erlebt, die den Rahmen und die innere Struktur unseres Denkens veränderte«. Er hat den Fundamentalbeleg dafür in erster Linie in der Geometrisierung des Raumes gesehen. Die »Zerstörung« des Kosmos bedeutet für ihn

»den Ersatz der Vorstellung von der Welt als eines unendlichen und wohlgeordneten Ganzen, in welchem die räumliche Struktur eine Hierarchie der Vollkommenheit

**6** | Es ist die zentrale These von Zilsel (1976), dass diese wechselseitige Überwindung von Sozialbarrieren und Denktraditionen die wesentliche historische Quelle der wissenschaftlichen Einstellung der Neuzeit ist, die über Experiment und Theorie beide Traditionen sowohl aufnimmt wie verwandelt. Die These ist besonders von Koyré (1992) bestritten worden, der behauptete, dass Galileis Forschungen wenig mit einer praktischen Orientierung zu tun hatten. Auch wenn die neuere wissenschaftshistorische Forschung differenziertere Ergebnisse liefert, als es in der verallgemeinerten These Zilsels zum Ausdruck kommt, scheint sie gerade für das 16. Jahrhundert die Bedeutung der wechselseitigen Wahrnehmung und Durchdringung von gelehrter Bildung und praktischem Können eher zu bestätigen.

und der Werte verkörperte, durch die [Vorstellung] eines grenzenlosen oder sogar unendlichen Universums, welches nicht länger durch natürliche Unterordnung vereint, sondern nur durch die Identität seiner letzten und grundlegenden Bestandteile und Gesetze zusammengehalten wird« (ebd.: 8).

Koyré hat zwischen der Entwicklung neuer geistiger Prinzipien und einer neuen experimentellen Einstellung zur Wirklichkeit keine engen Beziehungen gesehen. Aber sie bestanden, denn das Verlassen der gewohnten Grenzen ist auf die experimentelle Tat nicht minder angewiesen als auf die gedankliche Konsequenz der Theorie. Durch die experimentelle Methode wird die Natur von einer gegebenen und umgebenden zu einer möglichen und disponiblen Natur. Sie verliert ihre Bedeutung als Vorbild; sie wird zu einer Ressource des Neuen und zu einem Testfall für Grenzüberschreitungen. Dies alles geschieht schrittweise und ungradlinig, aber letztendlich mit einer Dynamik, die alle Lebensbereiche der Gesellschaft durchdringt. Es war der amerikanische Philosoph John Dewey (1859-1952), der als einer der Ersten konstatierte, dass die technische Industrialisierung und das wissenschaftliche Experimentieren in einem inneren Zusammenhang stehen. In seiner Philosophie nimmt die Integration von Erkennen und Handeln eine für die Modernisierungsdynamik der Gesellschaft charakteristische Verkopplung an: Die wissenschaftliche Weltbeschreibung wird zu einer versuchsweisen Prognose zukünftiger Handlungsfolgen und die Technisierung der Lebenswelt sucht nach der Gewährleistung von Handlungssicherheit durch verlässliche Konstruktionen. Die experimentelle Methode ist für Dewey die »authentischste Art« (1998: 141), das »Gesicht der Welt« (ebd.: 140) zu verwandeln.<sup>7</sup>

*Zweitens* tritt das Experiment als *Geschichtsverhältnis* auf. Es erschließt die Zukunft, indem es diese zugleich für offen und für gestaltbar erklärt. Ein zentraler Begriff der gesellschaftlichen Selbstbeschreibung des Zeitverhältnisses ist seit dem 17. Jahrhundert der des Fortschritts. »Fortschritt« in der spezifisch neuzeitlichen Konnotation muss sowohl gegen das zyklische Zeitideal der Renaissance (als die Wiedergewinnung des verlorenen Zustands der Antike) als auch gegen das teleologische Ideal der Evolutionisten des 19. Jahrhunderts abgegrenzt werden. Die Eröffnung der Zukunftsdimension ist eng mit dem Begriff des kalkulierten Risikos verbunden. Genau durch diese Rechtfertigung wird die experimentelle Methode zum sozialen Wagnis. Sich auf etwas einzulassen, das im Stadium des Probierens ist, ist besonders dann eine Zumutung, wenn die Risiken nicht überschau-

7 | Unter dem Stichwort »Apotheose der Industriegesellschaft« hat Meyer-Bibich (1997: 151ff.) den Gedanken von Dewey wieder aufgegriffen und kritisch gewendet.

bar sind. Die Bereitschaft zum Risiko ist eine Bereitschaft zum Experimentieren.<sup>8</sup>

*Drittens* tritt das Experiment als neues *Identitätsverhältnis* auf und bringt damit in der Idee der experimentellen Methode den Menschen zu einer eigentümlichen Distanz zu sich selbst. Diese Distanz beruht auf der Grundidee, dass die Praxis des Experimentierens etwas ist, was in gewissem Sinne zurücknehmbar ist – eine Art Realität auf Probe. Der Experimentator tut etwas – und auch wieder nicht. Die reinste Form dieser Virtualität besteht im ›Gedankenexperiment‹, das übrigens als reflexive Beschreibung intellektueller Tätigkeit auch erst nach dem Aufkommen der experimentellen Methode seinen Namen erhalten hat (vgl. Gooding 1993; Hempel 1965). Am anderen Pol stehen die Realexperimente, in denen, wie in Kapitel 1 gezeigt, die Distanz zwischen dem rücknehmbaren Probehandeln und dem ›wirklichen‹ Leben nicht mehr besteht. Neben den in Kapitel 1.2 diskutierten ›Idealtypen‹ des Experimentierens lassen sich in der hier eingeführten Dimension zwischen Gedankenexperiment und Realexperiment viele Formen des praktischen Experimentierens – einschließlich des Experimentierens mit dem eigenen Körper, mit sozialen Beziehungen und mit Lebensentwürfen – einordnen. Ein Experimentator mit einem Lebensentwurf war etwa Henry David Thoreau (1817-1862), der mit der Selbstbeschreibung seines Überlebens am Walden Pond der selbstgewählten Einsamkeit ein literarisches Denkmal setzte (Thoreau 1995). In dieser Tradition steht auch der Antarktisforscher Richard Evelyn Byrd (1888-1957), der in den 1930er Jahren seine bahnbrechenden klimatologischen und astronomischen Messungen mit dem Selbstexperiment des isolierten Lebens unter extremen klimatischen Bedingungen und der körperlichen Reaktionen hierauf verband und dies auch medienwirksam auszuschlachten wusste (vgl. Bryson 2002: 32-53). Die Vielfalt der Formen des Experimentierens repräsentiert zugleich die Vielfalt der spezifisch modernen Möglichkeiten des Menschen, sich in einer Welt, die in geschichtlicher Interpretation auf Wandel durch Fortschritt und in naturaler Interpretation als offenes Universum angelegt ist, seinerseits zu definieren als ein Wesen, dass aus seinen eigenen Gestaltungsmöglichkeiten heraus ohne vorgegebenes soziales oder naturales Vorbild seine Wege bahnen muss. Wegbahnungen ins offene Gelände bleiben unter der Bezeichnung des Experiments immer mit Optionen auf Rückwege und Alternativen verbunden. So kann auch Misserfolg als Chance gedeutet werden.

**8** | Im »Duden Fremdwörterbuch« (2001 [7.Aufl.]) kommt dies im Eintrag »Experiment« zum Ausdruck: neben dem »wissenschaftlichen Versuch« wird Experiment auch definiert als »[gewagter] Versuch, Wagnis« oder »Unternehmung mit unsicherem Ausgang«. So ähnlich auch Schulz (1970: 22); vgl. Kapitel 3.

In der Trias dieser Strukturen – Offenheit der Welt, der Gesellschaft und des Individuums – öffnete sich der Horizont für die spezifisch neuzeitliche Form einer an Zukunft orientierten Verknüpfung von Handeln und Erkennen, dessen Paradigma die experimentelle Methode ist. Sie ist nicht in der Wissenschaft entstanden, sondern in den gesellschaftlichen Veränderungen, die mit dem Namen der Renaissance verbunden sind. Sie wird dann jedoch eines der bestimmenden Merkmale der neuen Wissenschaft und erfährt eine spezifische forschungstechnische Ausgestaltung. Im nächsten Abschnitt geht es darum, wie daraus im 17. Jahrhundert das erste Modell eines ›Gesellschaftsvertrags‹ zwischen dem experimentellem Erkenntniserwerb und gesellschaftlicher Modernisierung wurde.

## 2.2 Legitimation des Experiments: Der baconische Kontrakt zwischen Wissenschaft und Gesellschaft

Bacons Methodologie des Zusammenwirkens von Theorie und Experiment im »Novum Organum« von 1620 ist der historische Ausgangspunkt für alle späteren Reflexionen. Das zentrale Dogma ist, dass die Ziele einer auf Experimente gestützten Welterkenntnis und einer auf Erkenntnis gestützten technologischen Beherrschung der Welt trotz ihrer Spannung nur gemeinsam verfolgt werden können. Die experimentelle Methode soll aus dem kontrollierten Umgang *mit* der Natur zur Quelle der Erkenntnis *über* die Natur werden: Begreifen der Natur durch Eingreifen in die Natur. Andere Anweisungen lehren, dass über die so gewonnenen theoretischen Begriffe neue Experimente schrittweise zu den Grundformen und allgemeinen Gesetzen der Natur führen können. In einer Rede anlässlich einer Krönungsfeier der Königin bedauerte Bacon 1592, dass der gegenwärtige Missstand in der Forschung »die glückliche Zusammenfügung zwischen dem Geist der Menschen und der Natur der Dinge verhindert und ihn stattdessen mit leeren Begriffen und blinden Experimenten verheiratet« (Bacon 1962: 125, unsere Übersetzung).

Dem Ideal eines Wechselspiels zwischen dem Finden experimenteller Effekte und Erzeugen neuer Erklärungen gelten die Bezeichnungen *philosophia operativa* und *experimental philosophy*. Das »Novum Organum«, der zweite Teil von Bacons »Instauratio Magna« (»Die große Erneuerung«), entwirft zum ersten Mal in der Erkenntnisgeschichte die Theorie des Wissens konsequent aus der Tätigkeit des Forschens. Die Instauratio trägt diesen Titel jedoch, weil es Bacon immer um die große Erneuerung der Gesellschaft ging. Seine Utopie »Neu-Atlantis« entwirft das Modell einer Forschungsorganisation, in dem durch Arbeitsteilung und Koordination der Ergebnisse das Wechselspiel zwischen Experiment und Theorie vorange-

trieben werden kann. Es ist zugleich das Wechselspiel zwischen Macht und Wissen. Das erfolgreiche Experiment offeriert eine Handlungsregel, die ein Können des Bewirkens, ein *potesse*, ausdrückt, und dieses verweist auf die *potentia*, die Macht gegenüber der Natur. Begnügt die Methode sich nicht mit dem Handlungserfolg, sondern strebt sie nach der größtmöglichen Unabhängigkeit und Allgemeingültigkeit, führt die Handlungsregel auf die Erkenntnis der unveränderlichen Gesetze der Natur. So dient seine Methode ebenso dem Ziel des Nutzens wie dem des Erklärens. Regeln des Handelns und Gesetze der Natur koinzidieren (vgl. Bacon 1990a: 82 [N.O. I, Aph. 3]). Forschung – *inquisito*, *inquiry* – ist für Bacon eine Erkenntnistätigkeit, die in methodischer Weise zwischen dem Operieren mit der Wirklichkeit zum Herstellen eines Werkes einerseits und der Verallgemeinerung der Bedingungen seiner Erzeugung, der Erkenntnis seiner Form, hin- und herwandert. Ob dann in der Forschung das Erkenntnisinteresse mehr auf die Erkenntnis der Formen (die Bacon Gesetze nennt) oder die Erzeugung von Effekten (die Bacon Werke nennt) gerichtet ist, ist von untergeordneter Bedeutung. Denn langfristig nützt dem Praktiker die Formerkenntnis eben deswegen, weil sie ihn von den partikularen Bedingungen einer Herstellungspraxis befreit. Und dem Theoretiker nützen neue Werke, weil sie ihm Wege zu neuen Formen oder Gesetzen weisen. Ursachenerkenntnis und Wirkungserzeugung stärken einander. Dies ist die große Erneuerung, um die es in der so genannten wissenschaftlichen Revolution des 17. Jahrhunderts ging und in dessen Folge sich das baconische Grundmuster durchgesetzt hat. Wir trennen, genau wie Bacon, nach wie vor zwischen Wissenschaft und Technik, indem wir unterschiedliche Erkenntnisinteressen zugrunde legen, aber wir verwenden den Begriff der Forschung generisch für alle Zweige des empirischen Erkenntniserwerbs.

Bacon hat gesehen, dass diese Verflechtung zwischen Theorie und Technik ein dauerhaftes Legitimationsproblem aufwirft. Wenn Wissen zu Macht führt, tritt die Frage nach der Berechtigung des Wissenserwerbs auf. In seiner Forschungs- und Gesellschaftsutopie »Neu-Atlantis« hat er eine institutionelle Lösung entworfen. Die Beschreibung des großen Forschungsinstituts benennt dessen Zweck in der Kopplung von Welterkenntnis und Weltveränderung: »Der Zweck unserer Gründung ist die Erkenntnis der Ursachen und Bewegungen sowie der verborgenen Kräfte in der Natur; und die Erweiterung der Grenzen der menschlichen Herrschaft bis an die Grenzen des überhaupt Möglichen« (Bacon 1963: 156, unsere Übersetzung). Damit ist jene grundlegende Veränderung der neuen Wissenschaft benannt, nicht länger die Wirklichkeit in ihrer Gegebenheit zu beschreiben, sondern in ihrem durch Gesetze beschriebenen Möglichkeitsraum, der Natur und Technik umfasst. Dann wird die entscheidende Frage der Kontrolle aufgeworfen:

»Wir haben Konsultationen darüber, welche der Erfindungen und Experimente, die wir entdeckt haben, veröffentlicht werden sollen und welche nicht: Und wir leisten alle einen Eid der Geheimhaltung, um dasjenige zu verbergen, was uns geheim zu halten wichtig erscheint, obwohl wir einiges davon mitunter dem Staat offenbaren, anderes nicht« (ebd.: 165, unsere Übersetzung).

Dieses Modell eines bruderschaftlichen Eides unter Eingeweihten konnte mit der Entwicklung der Öffentlichkeits- und Demokratieformen in der Neuzeit keinen Bestand haben. Aber es ist bemerkenswert, dass Bacon im Zeitalter des Absolutismus die professionelle Verantwortung über das Vorrecht des Staates gestellt hat. Mit modernen Worten kann man darin eine Art Verursacherprinzip für die Zurechnung von Schadensfolgen des Wissens sehen: Die Haftung für die Gefahren eines Produkts (bei Bacon Werke des Wissens) trifft nicht (allein) den Verwender, sondern (auch) den Erzeuger. Dies war natürlich immer die gesellschaftliche Praxis. Kein Philosoph, Mediziner oder Alchemist konnte vor dem Zugriff der staatlichen oder kirchlichen Mächte sicher sein, wenn er Wissen (z.B. Gedankenexperimente, Diäten oder okkulte Beschwörungen) anbot, das – aufgenommen und verwendet von anderen – als schädlich eingeschätzt wurde. Der erwartete Effekt dieser Zensur oder Haftung war, dass bereits im Vorfeld der Wissenserzeugung die Kompatibilität mit den gültigen Werten und Interessen bedacht wird. Wenn der Forschungsprozess in der neuen Konzeption nun direkt auf die Erweiterung von Macht zielt, ohne jedoch vorweg über die Risiken möglicher Schäden Auskunft geben zu können, gibt es für das Legitimationsproblem nur zwei Lösungsstrategien: Entweder muss die Forschung in jedem einzelnen Fall durch staatliche und kirchliche Stellen zugelassen werden, oder es muss ein Vorbehalt konstruiert werden, der zwar Forschung erlaubt, aber Ausbreitung und Verwendung einschränkt. Damit kommt man auf Bacons Vorstellung, dass Forschung, gerade weil sie die Erweiterung der Macht betreibt, eine besondere gesellschaftliche Isolation benötigt – auch wenn sein konkreter Vorschlag unbrauchbar ist. Man kann diese Festlegung des Verhältnisses zwischen Öffentlichkeit und experimenteller Erkenntnis als die soziale ›Geburt des Laboratoriums‹ verstehen.

Das Laboratorium gilt als ein institutioneller Raum, in dem die Forschung ihren inneren Geschäften nachgehen kann, ohne die Außenwelt zu belasten und von dieser belastet zu werden. Die zwei wichtigsten Merkmale dieser Sonderwelt sind schon genannt worden: *Erstens* ist das Laboratorium eine Welt auf Probe. *Zweitens* gilt im Labor die Freiheit des Irrtums. Nicht nur hinsichtlich der Nützlichkeit ist das Laboratorium eine Probewelt, sondern auch mit Blick auf Wahrheit. Irrtümer von Theorien und Fehlschläge von Experimenten sind daher willkommen, wie Bacon betonte: »Die Wahrheit geht eher aus dem Irrtum hervor, als aus der Verwirrung« (Bacon



1990b: 361 [N.O. II, Aph. 20]). Da der Irrtum innerhalb des wissenschaftlichen Diskurses verbleibt, kann er unter dem geadelten Namen der widerlegten Hypothese folgenlos aus dem Verkehr gezogen werden. Diese Auffassung gilt genauso für den experimentellen Fehlschlag. Experimente sind häufig ja geradezu darauf angelegt, die Grenze des Funktionierens und der Gültigkeit auszutesten. Mit Bacons Konstruktion erhält die Wissenschaft die Privilegien des Irrtums und des Fehlschlags, die nun nicht länger moralisch und intellektuell zugerechnet werden sollen. Nirgendwo sonst in der Gesellschaft existiert diese Wertschätzung der häufigen und gründlichen Irrtümer und Fehlschläge. Selbst ein so praktischer Geist wie Edison konnte sagen: »Negative Resultate sind gerade das, was ich will. Sie sind genauso wertvoll wie die positiven Resultate« (zitiert nach Rosanoff 1932: 405, unsere Übersetzung). Denn der Weg zur Lösung ist gebahnt durch die Kenntnis der zu nichts führenden Seitenwege. Die gesellschaftliche Anerkennung des Irrtums ist ein enormer Beschleunigungsmechanismus für das Anwachsen des Wissens. Es ist jedoch auch klar, dass nur durch die Festlegung der institutionellen Grenzen dieser Anerkennung eine dauerhafte gesellschaftliche Akzeptanz der freigestellten Forschung erreicht werden konnte.

Wie in den Gesellschaften des 17. Jahrhunderts diese Grenzen eingerichtet wurden, kann hier nicht in den Einzelheiten diskutiert werden (vgl. van den Daele 1977). Auch weichen die Modelle je nach Stellung von Staat und Kirche in England, Frankreich, Italien, Preußen, Österreich und Russland voneinander ab. Der institutionelle Kern ist jedoch immer derselbe und kann der *baconische Kontrakt zwischen Wissenschaft und Gesellschaft* genannt werden. Es sollen hier vier seiner sozialen und epistemischen Implikationen genannt sein: *Erstens* unterstellt diese Welt auf Probe eine Sonderwelt der Reversibilität: eine Wirklichkeit, in der alle Gedanken und Taten rückwärts laufen können, sodass man bei Misserfolg schadlos an den Ausgangspunkt zurückgelangt, von dem aus man erneut und in eine andere Richtung probieren kann. In diesem Sinne ist das Experimentieren ein unbegrenztes Spiel mit Möglichkeiten. *Zweitens* ist die Laborwelt eine Welt der Idealisierung durch Manipulation. Stoffe und Prozesse können isoliert und gereinigt werden; Modelle und Gesetze vereinfachen und abstrahieren. Wird die Wirklichkeit über das Laborwissen interpretiert, dann wird sie nicht mehr über ihre Komplexität wahrgenommen, sondern als ungenaue Approximation an die Welt des Labors (Cartwright 1999). Das wissenschaftliche Wissen gilt als objektiv, neutral und instrumentell. *Drittens* wird eine Trennung zwischen wissenschaftlicher Erkenntnis und sozialem Wandel eingezogen, so als ob neues Wissen nicht selbst bereits ein Wandel ist. Bis heute ist dieser Vorbehalt politisch wirksam, erweist sich jedoch bei genauerer Betrachtung als Illusion. Denn unvermeidlich stellt neues Wissen

Gewohnheiten, Institutionen und Wertmuster in Frage, was immer dann an Aufwand getrieben wird, die Tradition aufrechtzuerhalten oder preiszugeben. *Viertens* definiert sich der Experimentator aus den Wechselwirkungen des Experiments heraus. Er ist nicht Teil der Wirklichkeit, die untersucht wird. Er verändert die Dinge, ohne sich zu verändern.

Diese vier Implikationen sind es, die die Legitimation des Kontraktmodells der Modernisierung durch Wissenschaft tragen. Über sie wurde der Aufbruch zur *vita activa* und der Ausbruch der experimentierenden Praktiker aus den Zunftbindungen zusammengebracht. Für Bacon sind die Restriktionen der Laborwirklichkeit als ›Welt auf Probe‹ notwendig, um das viel größere Experiment einer gesellschaftlichen Modernisierung durch Wissenschaft und Technik zu legitimieren. Dieses Experiment ist die »Instauratio Magna«, die Bacon als ein Fragment konzipiert hat, weil nur die Zukunft das Werk zu Ende schreiben könne. Für Bacon lag die Möglichkeit der Bewährung nicht im Entwurf, sondern in der über einen unbestimmten Zeitraum und durch viele Köpfe getragenen Praxis. Das ist die moderne Fortschrittskonzeption der ›Reise aufs offene Meer‹, die auf dem Titelbild der »Instauratio Magna« dargestellt ist (Bacon 1990a: 1). Man kann die Reise mit dem besten, jedoch begrenzten Wissen planen, ohne – im Zeitalter der Entdeckungsreisen – sicher zu sein, auf welches Ziel man treffen wird. Und man muss die Reise auch um den Preis des Scheiterns probieren.

Heute ist es selbstverständlich, dass Wissen vorläufig und unvollständig ist und unter dem ständigen Vorbehalt weiterer Forschung steht. Zur Zeit Bacons erschien es in jeder Hinsicht riskant, sich einer solchen Strategie der Erneuerung von Wissen und Gesellschaft auszusetzen. Es gehörte zu seinen bedrückenden Lebenserfahrungen, dass er trotz seiner engen Beziehungen zu den Schaltzentralen der Macht praktisch erfolglos für die institutionelle Unterstützung der neuen Wissenschaft warb. Neben vielen anderen rhetorischen Figuren (vgl. Krohn 1987: 32ff.) stellte er die folgende, auf gesellschaftliche Legitimation zielende Argumentation an:

»Schließlich aber müßte man [...] sich dennoch zum Versuch entschließen [expeririendum esse], wenn wir nicht ganz verzagten Sinnes dastehen wollen. Es ist nämlich beim Unterlassen und beim augenblicklichen Nichtglücken der Sache nicht gleichviel zu befürchten, denn beim Unterlassen steht ein unermeßliches Gut, beim Mißlingen ein geringer Aufwand menschlicher Arbeit auf dem Spiele. Aus dem, was ich gesagt [...] habe, glänzt reichlich Hoffnung für jeden auf, der eifrig im Versuchen [ad experiendum] und klug und nüchtern im Glauben ist« (Bacon 1990a: 238f. [N.O. I, Aph. 114]).

So wurde der Einstieg in das Projekt der gesellschaftlichen Modernisierung durch Wissenschaft und Technik als eine Art Wette eingeläutet, also durch

eine Risikoabwägung. Obwohl bereits das Sich-einlassen auf den Modus des Experimentierens die soziale und individuelle Wirklichkeit verändert, suchte Bacon dieses ›Experimentieren mit dem Experimentieren‹ herunterzuspielen. Die Bereitschaft dafür, das gesellschaftliche Leben durch einen kollektiven Lernstil bestimmen zu lassen, der mit wenigen Ausnahmen vor keinen Normen und Werten, Institutionen und Hierarchien, Dogmen und Weltbildern Halt macht, ist eine so revolutionäre Haltung, dass Bacon dafür wenig Anhänger gewann. Dennoch hat sich noch im 17. Jahrhundert mit der Gründung der Wissenschaftlichen Gesellschaften und Akademien sein Modell durchgesetzt, eine experimentelle Gesellschaft dadurch akzeptierbar zu machen, dass zwischen den Bereichen der Forschung und denen der Natur, Gesellschaft und persönlichen Existenz institutionelle Grenzen eingezeichnet wurden.

Obwohl bis heute diese Barrieren von legitimatorischer Relevanz geblieben sind, hat es immer Wissenschaftler, Philosophen und Kulturkritiker gegeben, welche die verändernde Wirkung des Experiments auf die Gesellschaft, die Natur und den Experimentator selbst gesehen und die Idee des handlungsentlasteten Probehandelns als eine institutionelle Fiktion durchschaut haben. Bacon bezog zwar die Konzeption des Experiments auf die experimentelle Gesellschaft, hielt jedoch die einzelnen Experimente als Laborexperimente auf Distanz zur Gesellschaft. In den beiden folgenden Abschnitten werden Positionen diskutiert, in denen die wirklichkeitsverändernde Bedeutung des Experimentierens nicht weggedrängt wird.

## 2.3 Das Selbst des Experimentators

Johann Wolfgang von Goethes (1749-1832) »Dr. Faustus« war ein experimenteller Wahrheitssucher von einem anderen Zuschnitt als der baconische Mann der Wissenschaft. Er war dem wissenschaftlichen Prozess mit seiner ganzen physischen und seelischen Existenz ergeben. Faust führte nicht nur Experimente durch, sondern lebte ein experimentelles Leben. Ein Selbstexperiment ist ohne Frage ein Realexperiment. Wiederum sind Kontrakt (zwischen Mephisto und Faust) und Wette (zwischen Mephisto und Gott) die Verfahren, über die die Risikoverteilung festgelegt wird. Das Drama spielt in der Blütezeit der Alchemie und Magie, also vor der Institutionalisierung der neuzeitlichen Wissenschaft. Durch die Untersuchungen von Frances Yates (1972, 1979) gilt es heute als gesichert, dass Alchemie und Magie einen erheblichen Einfluss auf die Experimentalpraktiken und spekulativen Theorien der frühen neuzeitlichen Wissenschaft hatten. Jedoch wurden sie am Ende des 17. Jahrhunderts durch die Positionierung der Wissenschaft in die anerkannten Institutionen der Akademien, Gesellschaft-

ten, Zeitschriften und später Universitäten in Randbereiche abgedrängt. Sie standen zur Zeit Goethes für eine experimentelle Haltung, in der das existentielle Eindringen in die unbekannten und verbotenen Zonen des Seins Wahrnehmungen und Interaktionen ermöglicht, die das Leben verändern. Das Gegenüber war noch nicht die geistlose Materie des mechanistischen Weltbildes, sondern ein mit einflussreichen Symbolen durchwirkter Makrokosmos, dem der Mikrokosmos des Experimentators entsprach. Zwischen der Zeit Fausts und der Goethes liegt genau die wissenschaftliche Revolution, in der das distanzierte Verhältnis zum wissenschaftlichen Wissen institutionalisiert wurde. Jedoch ist das Drama für Goethe keine Entführung in eine ferne Epoche, sondern es ist der Gegenentwurf zum baconianischen Programm. Wissenschaft ist das Projekt, sich selbst in die unabhsehbaren Gefahren der Erforschung der Geheimnisse des Seins und des Lebens hineinzubegeben – mit der Erwartung eines einzigartigen Glücks und dem Risiko unendlicher Verdammnis.

Neben dem Faust ist es der Roman »Die Wahlverwandtschaften«, der von Goethe als ein Experiment aufgezogen wird. Der Titel spielt auf den Versuch an, Liebesbeziehungen auf die freie Wahl zu gründen und auf die neue Theorie der Chemie, nach der die stofflichen Affinitäten durch Anziehungs- und Abstoßungskräfte bestimmt sind (Adler 1987). Zu Beginn des Geschehens sagt Eduard: »Nimm Ottilien, lass mir den Hauptmann, und in Gottes Namen sei der Versuch gemacht!« Charlotte gibt zu Bedenken, dass andere nicht vollständig aus dem Experiment herausgehalten werden können. »Es möchte noch zu wagen sein [...], wenn die Gefahr für uns alleine wäre« (Goethe 1973: 252 [HA Bd. VI: 252]), aber man kann ein Experiment außerhalb des Labors nicht isolieren. Charlotte erwägt:

»Alle solche Unternehmungen sind Wagestücke. Was daraus werden kann, sieht kein Mensch voraus. Solche neue Verhältnisse können fruchtbar sein an Glück und an Unglück, ohne daß wir uns dabei Verdienst oder Schuld sonderlich zurechnen dürfen. Ich fühle mich nicht stark genug, dir länger zu widerstehen. Laß uns den Versuch machen! Das einzige, was ich dich bitte: es sei nur auf kurze Zeit angesehen« (ebd.: 256).

Diese letzte Bemerkung ist die verzweifelte Hoffnung, die Reversibilität des Versuchs in der Hand zu behalten.

Sicherlich ist Faust nicht das Alter Goethes und die »Wahlverwandtschaften« seiner Liebesbeziehungen folgen anderen Mustern. Jedoch bestehen Verknüpfungen zwischen Goethes erkenntnistheoretischer Philosophie zur Experimentalwissenschaft und seinen literarischen Gestaltungen. Matussek schreibt hierzu: »Goethe geht es wie seinem Faust um eine substantielle Erfahrung zeitlicher Dynamik, die nicht ›Mit Rad und Kämmen,

Walz' und Bügel« (V. 669) zu erlangen ist, sondern nur als leibhaftige Teilhabe an der ›lebendigen Natur« (V. 414)« (Matussek 1998: 205). Freilich verfährt die Methodologie, die Goethe aus seiner eigenen Forschung gewinnt und dieser vorschreibt, kommunikativer und kooperativer als der »alchemistische Prozess der Selbsttransformation« des Dr. Faustus (ebd.: 205). Als Goethes Kontroverse mit der Newton'schen Farbenlehre ihren Höhepunkt erreichte, schrieb er den kleinen Essay »Der Versuch als Vermittler von Objekt und Subjekt« (Goethe 1971a [HA Bd. XIII]; vgl. Krohn 1998). Bereits mit dem Titel ist eins der baconischen Ausgrenzungsverhältnisse in Frage gestellt. Der Experimentator steht dem experimentellen Vorgang nicht so unberührt gegenüber wie der Richter den wechselvollen Fällen vor Gericht, sondern begibt sich in einen Prozess der wechselseitigen Gestaltung hinein. Die Veränderung des Objekts durch die Eingriffe der Versuchsanordnung korrespondiert mit einer Formung der Fähigkeiten des Beobachters, die Dinge zu sehen und zu betreiben. Experimentieren ist eine kontinuierliche Praxis der Ausdehnung des Felds der Phänomene als auch des Felds des Verstehens (vgl. hierzu auch Kap. 3). Während das baconische Laboratorium einer Sicht der Natur entspringt, in der Materialien und Effekte isoliert, gelagert und auf Verlangen benutzt werden können, reflektiert das Goethe'sche die Natur als ein zusammenhängendes Feld, das auch die Eigenschaften des Beobachters berührt:

»Da alles in der Natur [...] in einer ewigen Wirkung und Gegenwirkung [ist], so kann man von einem jeden Phänomen sagen, daß es mit unzähligen andern in Verbindung stehe, wie wir von einem freischwebenden leuchtenden Punkte sagen, daß er seine Strahlen auf allen Seiten aussendet« (Goethe 1971a: 17f. [HA Bd. XIII: 17f.]).

Goethe wollte nicht die natürlichen Phänomene vor dem künstlichen Zugriff des Experimentators schützen. Im Gegenteil, die »Vermannigfaltigung eines jeden einzelnen Versuches ist also die eigentliche Pflicht des Naturforschers« (ebd.: 18). Er war jedoch überzeugt, dass die Standardmethode des Überprüfens von Hypothesen durch Experimente ersetzt werden müsse durch eine Methode der wechselseitigen Beeinflussung. Ein Zitat aus der »Morphologie« von 1817 belegt, wie er die baconische Sprache von Macht, Sieg und Niederlage ersetzt durch eine der Empfänglichkeit und Teilnahme:

»Wenn der zur lebhaften Beobachtung aufgeforderte Mensch mit der Natur einen Kampf zu bestehen anfängt, so fühlt er zuerst einen ungeheuern Trieb, die Gegenstände sich zu unterwerfen. Es dauert aber nicht lange, so dringen sie dergestalt gewaltig auf ihn ein, daß er wohl fühlt, wie sehr er Ursache hat, auch ihre Macht anzuerkennen und ihre Einwirkung zu verehren. Kaum überzeugt er sich von diesem

wechselseitigen Einfluß, so wird er ein doppelt Unendliches gewahr, an den Gegenständen die Mannigfaltigkeit des Seins und Werdens und der sich lebendig durchkreuzenden Verhältnisse, an sich selbst aber die Möglichkeit einer unendlichen Ausbildung, indem er seine Empfänglichkeit sowohl als sein Urteil immer zu neuen Formen des Aufnehmens und Gegenwirkens geschickt macht« (Goethe 1971b: 53 [HA Bd. XIII: 53]).

Goethe nimmt das baconische Programm der Herrschaft über die Natur also nicht als das Projekt einer neuen Zeit, sondern als einen etwas primitiven Instinkt, der zunächst nur durch die Anerkennung der unerwarteten Stärke des Gegners in die Schranken gewiesen wird. Während bei Bacon in dieser Situation die Lösung ist, verfeinerte Methoden zu ersinnen, um durch vermeintliche ›Unterwerfung‹ zum ›Sieger‹ zu werden, weist der Weg Goethes in eine ganz andere Richtung. Zwischen der Formung der Natur und der des Experimentators besteht eine gemeinsame Fortentwicklung, die zu immer neuen Formen der Balance führt. Das Experiment endet nicht, sondern ist Teil eines zeitlich unbeschränkten Gestaltungsprozesses der Erkenntnis.<sup>9</sup> Man wird in diesem Modell des Experimentierens die Ähnlichkeiten zum Faust und zu den Wahlverwandtschaften sehen. Aber Goethe war in seiner eigenen Forschungstätigkeit weder an waghalsigen Manövern mit der eigenen Lebenspraxis interessiert noch an einem Naturverhältnis, das von dem schroffen Gegenüber einer externen Natur und einer davon völlig abgegrenzten Identität des Subjekts bestimmt ist. Vielmehr interessierte ihn ein wechselseitiges Naturverhältnis, das sich gleichzeitig aus den Operationen des Experimentators und den Phänomenen, welche die Natur freigibt, ergibt. Damit wird bei Goethe das wissenschaftliche Experiment in eine Beziehung zur Gestaltung des Lebens gesetzt, die der baconische Kontrakt gerade ausschließen wollte.

Wie geschichtswirksam ist eine solche Position? Dies ist schwer einzuschätzen. Es geht jedoch nicht um den Einfluss Goethes auf die Wissenschaften seiner Zeit, sondern darum, dass hier die baconische Differenz zwischen Lebensführung und Forschungspraxis grundsätzlich in Frage gestellt wird. Ideengeschichtlich ist dies mit der romantischen Bewegung und ihrer Suche nach der blauen Blume<sup>10</sup> in Verbindung gebracht worden.

**9 |** Siehe auch: »Auszusprechen, wie ich die Natur anschau, zugleich aber gewissermaßen mich selbst, mein Inneres, meine Art zu sein, insofern es möglich wäre, zu offenbaren« (Goethe 1964: 386 [BA Bd. 16: 386]).

**10 |** Die »blaue Blume« steht in dem Roman von Novalis (Friedrich von Hardenberg) »Heinrich von Ofterdingen«, der um die Jahrhundertwende zum 19. Jahrhundert entstand, für ein neues Erkenntnisinteresse, das sich an einer »seltsamen Leidenschaft für eine Blume« entzündet; »denn in der Welt, in der ich sonst lebte,

Goethe hatte sich zwar immer wieder gegen den Romantizismus abgegrenzt, weil er in dessen Subjektivismus die Balance, die er suchte, zur anderen Seite – zur Seite der nur noch innerlichen Erfahrungswirklichkeit – verschoben sah. Jedoch hielt dies die Romantiker nicht davon ab, in Goethes Werk jene Suche nach der Einheit von Ich und Natur zu sehen, die ihre eigenen Absichten trug. Wichtiger noch ist, dass diese Bewegung in einer ideengeschichtlichen Kontinuität zur *vita activa* stand. Gerade weil das ursprüngliche Nützlichkeitsideal hier aufgelöst wurde in die Authentizität des individuellen Eigensinns und die Berechtigung, diesen nach eigenen Maßstäben zu suchen, verschärfte die Romantik den Experimentalismus des Lebens (Berlin 1999; Daiber 2001). Dreh- und Angelpunkt waren dabei die neuen Experimentierfelder der ›tierischen Elektrizität‹ oder des Galvanismus. Hier vermuteten viele Romantiker jene im mechanistischen Weltbild verloren gegangenen gemeinsamen Kräfte von Geist und Natur. Das Buch des romantischen Physikers Johann Wilhelm Ritter: »Beweis, daß ein beständiger Galvanismus den Lebensproceß im Thierreiche begleite« von 1798 entwarf in Verallgemeinerung wegweisender Experimente die These, dass der Galvanismus eine Urkraft aller bekannten Kräfte der toten, lebendigen und geistigen Natur sei.

Auch wenn die romantische Bewegung enger mit Wissenschaft verknüpft war als ihr Ruf vermuten lässt, war ihre Domäne die der Kunst und Literatur. Wir greifen die Frage nach den Realexperimenten an einer anderen Stelle wieder auf, nämlich dort, wo Wissenschaftler den baconischen Kontrakt am entgegengesetzten Ende, der von Experimenten unbeeinflussten Natur, ins Wanken brachten. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts (Goethe starb 1832) trat die Wissenschaft in eine Entwicklungsphase ein, die – ganz im Sinne des baconischen Programms, aber mit einer Zeitverzögerung von beinahe zwei Jahrhunderten – neue wissenschaftliche Erkenntnis in gesellschaftliche Modernisierungen übersetzen konnte. Hierbei stellte sich heraus, dass diese vermeintlichen Anwendungen neuen Wissens immer wieder mit Überraschungen verbunden waren, die – mehr oder weniger gewollt – Realexperimente zu unverzichtbaren Bestandteilen der Modernisierungsstrategien machten. Wir greifen Beispiele heraus, die in gewisser Verwandtschaft zu den ökologischen Realexperimenten der späteren Kapitel stehen. Das erste Beispiel betrifft den wissenschaftlichen Beitrag zur Industrialisierung der Landwirtschaft. Sicherung der Ernten gegen Krankheitsbefall und Ertragssteigerung bei Verhinderung von Raubbau wurden eine allgemeine Voraussetzung für andere Bereiche der Industrialisierung, für die Bewältigung des Bevölkerungswachstums und Versorgung der Be-

wer hätte sich da um Blumen bekümmert« (Novalis 1960: 195). Sie wurde zum Symbol der romantischen Bewegung.

völkerung. Eine Reihe von Wissenschaften trug hierzu bei, jedoch waren die Beiträge der Chemie durch die Erfindung der Kunstdünger die auffälligsten. Der prominenteste mit ihr verbundene Name ist Justus von Liebig (1803-1873).

## 2.4 Die Einbettung der Experimente in die Zyklizität der Natur

Von Goethe zu Justus von Liebig – das sind zwei wissenschaftshistorische Schritte in schneller Folge: von der Amateurwissenschaft zur akademischen Professionalität und von der reinen zur anwendungsorientierten Forschung. Liebig wurde berühmt für mehrere Aktivitäten: Er gründete das erste chemische Universitätslabor, gab das führende wissenschaftliche Organ der Chemie heraus, begründete die Agrikulturchemie, war wissenschaftspolitisch tätig und wirkte mit seinen »Chemischen Briefen« in die breite Öffentlichkeit. Ein Gesamtbild seiner Tätigkeiten zeichnete sein Biograph Volhard (1909). Wir greifen Liebig's Werk dort auf, wo es sich realexperimentellen Fragestellungen öffnen musste. Vorbedingung dafür sind theoretische Modelle, die Liebig und andere Chemiker seiner Zeit für die Erklärung des Fortbestands des Lebens auf der Erde entwarfen. Im Mittelpunkt stand die Frage nach der Zyklizität aller Lebensprozesse durch das Ineinandergreifen tierischen und pflanzlichen Lebens (vgl. Schramm 1997). Die Frage war sicherlich durch die Naturphilosophie Schellings vorbereitet, den Liebig als Student in Erlangen kennen lernte, jedoch später scharf wegen seiner empirisch haltlosen Spekulationen kritisierte. Der wissenschaftlich weiterführende Schritt war die fachwissenschaftliche Reformulierung der organischen Chemie als Forschungsprogramm, das schrittweise durch quantitative Analyse und Synthese der am Lebensprozess beteiligten organischen Stoffe abgearbeitet werden konnte. Liebig baute über mehrere Ebenen die Elemente einer umfassenden chemischen Theorie des Öko-Äquilibriumms der Erde auf (vgl. Krohn/Schäfer 1978). Zu Beginn der »Agrikulturchemie« schrieb er:

»Unsere heutige Naturforschung beruht auf der gewonnenen Überzeugung, daß nicht allein zwischen zwei und drei, sondern zwischen allen Erscheinungen in dem Mineral-, Pflanzen- und Tierreich [...] ein gesetzlicher Zusammenhang bestehe, so daß keine für sich alleine sei, sondern immer verkettet mit einer oder mehreren anderen, und so fort alle miteinander verbunden, ohne Anfang und Ende, und daß die Aufeinanderfolge der Erscheinungen, ihr Entstehen und Vergehen, wie eine Wellenbewegung in einem Kreislaufe sei« (Liebig 1862: 87).



Experimente beziehen ihre Funktion aus dieser Einbettung in den lebendigen Zusammenhang des Organischen. Sie verlieren leicht ihre Aussagekraft, wenn sie aus diesem Zusammenhang isoliert betrieben werden. Dafür ein kleines Beispiel: Bei der Frage, wie Tiere Fette bilden, kritisiert er die Experimente der Tierphysiologen:

»Man versetzt die Tiere in den Zustand einer künstlichen Krankheit, entzieht ihnen alle Nahrung, alles was zur Blutbildung und zur Unterhaltung des Lebensprozesses und damit derjenigen Tätigkeiten gehört, welche die Fettbildung bewirkt [...] und glaubt mit diesen elenden und grausamen Versuchen beweisen zu können, daß Zucker nicht fähig sei [...] in Fett verwandelt zu werden. Diese Versuche bestätigen die Unwissenheit und gänzliche Unfähigkeit der Experimentatoren dergleichen Fragen zu lösen, allein sonst beweisen sie Nichts« (Liebig 1844: 41).

Liebig äußerte diese Kritik als ein Wissenschaftler, dessen Ruhm gerade auf Verbesserungen der organischen Analysetechniken im Labor beruhte, in denen nicht die geringste Rücksicht auf die Komplexität des Lebens genommen werden musste. Zwar entstammte die Benennung »organisch« ursprünglich dem Bezug auf das Leben, das im 18. Jahrhundert allgemein durch die Fähigkeit zur Organisation seiner inneren Einheit definiert wurde. Die ersten Erfolge der organischen Chemie beruhten jedoch darauf, durch Anschluss an die analytische Methodik der anorganischen Chemie die Verhältnisse der Kohlenstoffverbindungen zu bestimmen. Dennoch war immer offensichtlich, dass hinter allen einzelnen Erfolgen die großen Geheimnisse des Zusammenhangs aller chemischen Prozesse in der Einheit der Lebensprozesse standen. Dieser Zusammenhang spielte sich auf mehreren Ebenen ab. Die aus chemischer Sicht unterste Ebene war die der organischen Synthese von Substanzen. Hier wird wissenschaftshistorisch die Harnsäuresynthese von Friedrich Wöhler 1828 als Zeichen des Durchbruchs dafür genommen, dass organische Prozesse demselben Phänomenbereich wie anorganische angehören.<sup>11</sup> Die Chemiker konnten nun von der Hypothese ausgehen, dass im Prinzip alle organischen Stoffe im Labor analysiert und nachgebaut werden können. In der weiter unten angesprochenen Kontroverse zwischen Liebig und Pasteur über das wissenschaftliche Eigenrecht der Mikrobiologie ist es genau diese Hypothese, die die Auseinandersetzungen so heftig machte. Im Rahmen des chemischen Paradigmas erschien es als ein kausaltheoretischer Rückschritt, Gärungs- und Krankheitsprozesse auf die Wirkungen eines Organismus anstatt auf iso-

**11** | Die spätere Entwicklung führt dazu, die organische Chemie nicht länger als spezifische Chemie der Lebensprozesse, sondern als die der Kohlenstoffverbindungen zu definieren.

liebbare Substanzen zurückzuführen. Auf einer höheren Ebene ging es in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts darum, den chemischen Stoffwechsel durch eine Art chemische ›Buchführung‹ der aufgenommenen und abgegebenen Stoffe näher bestimmen zu können, wobei die Chemie der Pflanzen (Kohlendioxid-Assimilation) und die der Tiere (Sauerstoffaufnahme) unterschiedliche Wege gehen mussten. Auf einer weiteren Ebene war die zentrale Frage, wie die Stabilität der Zusammensetzung der Atmosphäre über die Zeit durch das Ineinandergreifen pflanzlichen und tierischen Lebens erklärt werden kann. Dieses große chemische Paradigma der Zyklizität aller Lebensprozesse vom einzelnen Metabolismus über die Nahrungsketten bis hin zur Reproduktion der Atmosphäre bestimmte das Weltbild Liebig's. In ihm waren alle einzelnen Experimente der Tier- und Pflanzenchemie eingebettet. Damit wurden für das organische Experimentieren ganz andere Bedingungen gesetzt als in dem baconischen Labor, in dem es um einzelne, isolierte Effekte ging, die man dann – einer berühmten Metapher Bacons folgend – in einem »Warenlager der Dinge« (*storehouse of matters*) den Menschen zur beliebigen Anwendung zur Verfügung stellen konnte.

Schon die erste Auflage seiner »Agrikulturchemie« von 1840 brachte Liebig großen Ruhm in ganz Europa. Sofort wurde das große Potential für die ernährungstechnischen Grundlagen der Industrialisierung erkannt. Eine auf der Theorie der Chemie basierte Landwirtschaft versprach eine Leistungssteigerung, die den düsteren Prognosen von Malthus ([1798] 1993) über die unüberwindlichen Ernährungsengpässe, in die die wachsende Industriebevölkerung hineingeriet, den Boden nahm. Liebig fühlte sich in seinem wissenschaftspolitischen Kampf sowohl gegen den baconischen Induktionismus (oder was er dafür hielt) bestärkt, wie auch in seiner Offensive gegen die realexperimentelle Tradition der landwirtschaftlichen Versuchsanstalten, in denen ohne moderne chemische Fundierung Versuche zur Ertragssteigerung vorgenommen wurden. Ohne theoretische Fundierung im Paradigma der Zyklizität konnte es nach Liebig unmöglich gelingen, die Grenze zwischen Raubbau und Ertragssteigerung zu ziehen. Ohne diese Grenze ist jeder Erfolg auf Sand gebaut. Um den Gedanken plausibel zu machen, zog Liebig das Prinzip des kapitalistischen Wirtschaftens heran. Nur bei genauer buchhalterischer Unterscheidung zwischen umlaufenden Kapital und Ertrag sei es möglich, ein Unternehmen dauerhaft zum Erfolg zu führen. Genau um diesen Unterschied gehe es bei der Erzeugung und Verwendung der landwirtschaftlichen Produktion auch. Die realexperimentellen Versuchs- und Probiervverfahren der Landwirte vor Ort seien den neuen wissenschaftlichen Aufgaben nicht gewachsen. Ihr Operieren mit anscheinend vorwissenschaftlichen Begriffen wie der ›Fruchtbarkeit‹ der Böden (nicht chemisch definiert, sondern durch die Menge, die er hervor-

bringt) oder dem ›Humus‹ der Einträge führe weder über die lokalen Bedingungen hinaus zu verallgemeinerbarem Wissen noch zu Erklärungen. Nur eine auf der chemischen Theorie basierte Experimentalanordnung könne dauerhafte Erfolge erbringen, wie sie zu Recht von einer industriellen Landwirtschaft in einer industriellen Gesellschaft zu erwarten seien:

»Welche Masse von Kapital und Kraft geht in diesen Experimenten verloren! Wie ganz anders, wie viel sicherer, ist der Weg, den die Wissenschaft befolgt, er setzt uns, wenn wir ihn betreten, nicht der Gefahr des Mißlingens aus und gewährt uns alle Bürgschaften des Gewinns« (Liebig 1862: 180).

Um seiner Wissenschafts- und Weltanschauung zum Sieg zu verhelfen, plante Liebig sein eigenes Realexperiment, getragen von der Überschätzung des theoretischen Wissens über das verachtete lokale Können. Mit dem durchschlagenden Erfolg der ersten Auflage seines Werkes ging eine Einladung nach England 1845 einher. Kurz vorher schrieb er seinem Freund Wöhler:

»Ich habe einige Verbindungen entdeckt, welche, als Dünger angewendet, treffliche Dienste leisten werden; ein ungeheures Experiment soll gemacht werden, um die Principien zu bethätigen, die ich bis jetzt in Worten gelehrt habe. Ob ich die rechten Wege wirklich gefunden habe, dies kann nur Gott wissen. Aber ich will alles thun, was ich für meine Pflicht halte; sprich mit Niemandem davon« (zitiert nach Hofmann 1982: 256).

Das geplante Experiment mit der Mineraldüngung war nicht nur eine wissenschaftliche Bringschuld, sondern sollte über ein Patent und einen Vertrag mit dem schottischen Fabrikanten Muspratt Liebig's eigene finanzielle Unabhängigkeit bewirken. 1845 brachte die Firma »Muspratt & Co.« den ersten Patentdünger auf den Markt. Liebig selbst experimentierte auf einem kleinen Versuchsfeld in der Nähe seiner Universität in Gießen. Aber die Experimente schlugen fehl und trafen Liebig – trotz des im Brief an Wöhler formulierten Vorbehalts – unvorbereitet, weil er von der Übertragung der Laborbefunde in die Realitäten der Ackerkrume keine großen Überraschungen erwartete. Genauso hart traf ihn, dass andere Feldexperimente mit der Stickstoffdüngung in England großen Erfolg hatten. Liebig hatte diese auf der theoretischen Basis, dass in der Luft immer genügend Stickstoff vorhanden sei, für sinnlos erklärt.

Der Misserfolg zwischen theoretischen Annahmen und realexperimenteller Praxis diskreditierte Liebig's Status. Der raschen Folge von sechs Auflagen seines Werkes zwischen 1840 und 1846 folgte die siebente erst 16 Jahre später. Denn die wissenschaftliche Erklärung zwischen der Theorie

der Mineraldüngung und dem überraschenden Misserfolg gelang nur langsam, weil die komplexen Verhältnisse zwischen Boden, Bodenfeuchtigkeit, Ausschwemmung und Absorption schwer zu untersuchen waren. Liebig's Bekenntnis zu seinem Irrtum ist zwar keine Rücknahme seines Szientismus, bringt aber die ökologische Weltsicht der Zyklizität der Lebensprozesse zum Ausdruck:

»Ich hatte mich an der Weisheit des Schöpfers versündigt und dafür meine gerechte Strafe empfangen, ich wollte sein Werk verbessern, und in meiner Blindheit glaubte ich, daß in der wundervollen Kette von Gesetzen, welche das Leben an die Oberfläche der Erde fesseln und immer frisch erhalten, ein Glied vergessen sei, was ich [...] ersetzen müsse« (Liebig 1862: 69).

Diese Experimente bewiesen, dass auch Liebig die Komplexität der Natur völlig unterschätzte. Seine szientistische Verblendung, in der er das Misslingen der Wissenschaft in ihrer Anwendung beinahe ausschloss, war bestraft worden. Aus rückblickender Perspektive zeigt sich an der Episode, wie eng die Verbindungen zwischen Theorie und Realexperiment dort ist, wo die Wissenschaft reif für Anwendungen wird.

Die Episode hat eine weitere, längerfristige Fortsetzung, die zurückführt auf die baconische Wette über Nutzen und Kosten des wissenschaftlich-technischen Fortschritts. Denn nach der Behebung des Konstruktionsfehlers des Kunstdüngers eröffnete sich das Feld der agrarindustriellen Veränderungen, das – ganz entgegen der Prognose Liebig's – in ökologische Ungleichgewichtslagen führte, die viel dramatischer wurden als der von Liebig beobachtete Raubbau. Die auf der chemischen Wissenschaft basierte und durch die Mechanisierung flankierte Industrialisierung der Landwirtschaft führte durch Dünger, Herbizide, Pestizide und Züchtung zu Monokulturen, Bodenbelastungen, Erosion, Abwasser- und Grundwasserproblemen, die bis heute nicht bewältigt sind und im Weltmaßstab zunehmen. Die paradigmatische Botschaft des künstlichen Düngers war, dass nur ein umfassendes Verständnis der Chemie der lebenden Welt eine dauerhaft gewinnbringende Landwirtschaft ermöglicht. Jedoch schlug das Vorhaben in mancher Hinsicht fehl. Die baconische Risikoabschätzung über das »große Experiment«, das im Kontrakt zwischen Wissenschaft und Gesellschaft festgeschrieben ist, musste in dem Moment neu aufgemacht werden, in dem die Wissenschaft jene Nutzenanwendungen wirklich hervorzubringen in der Lage war, die Bacons Vision als »unermessliches Gut« (Bacon 1990a: 238 [N.O. II, Aph. 114]) in Aussicht gestellt hatte. Liebig hatte diese Vision als steigende Erträge ohne Raubbau konkretisiert. Seit der Verwissenschaftlichung der Landwirtschaft in der Mitte des 19. Jahrhunderts wird der realexperimentelle Lernprozess weiter getrieben. Wie diese Episode

lehrt, sind es häufig gerade die Überraschungen der Implementierung neuen Wissens, die den Umfang des Nichtwissens sichtbar machen.

## 2.5 Die Verbindung von Lernprozessen innerhalb und außerhalb des Labors

Louis Pasteur (1822-1895) hatte sich ähnlich wie Liebig zunächst einen Namen als geschickter Experimentator gemacht. Sein Zentralgebiet war die Analyse der mikroskopischen Lebensformen in der ›Chemie‹ der Natur. Völlig entgegengesetzt zur Forschungsstrategie Liebigs, aber zum Teil auf denselben Gebieten arbeitend, verfolgte er keinen chemischen Reduktionismus, sondern versuchte die Wirkungsweise der Mikroorganismen als Ganze in bestimmten chemischen Vorgängen wie Gärung, Krankheitsbefall von Wein, Bier, der Seidenraupe und schließlich bei den Ansteckungskrankheiten der Zuchttiere und der Menschen zu untersuchen. Die Schlüsselfunktion, die bei Liebig der Kunstdünger bei dem Wandel der Gesellschaft zur Industriegesellschaft einnahm, übernahm bei Pasteur die Entwicklung von Impfstoffen für ansteckende Krankheiten. Gegeben die großen Seuchengefahren für Mensch und Tier unter den Bedingungen verdichteten städtischen Wohnens war dieses Gebiet von immenser gesellschaftlicher Bedeutung. Es führte Pasteur dazu, Verbindungen zwischen seiner Laborwissenschaft und Experimenten außerhalb des Labors aufzubauen. Grundlage dieser Verbindungen war der Umstand, dass die Gefahren der Ansteckungskrankheiten nur gebannt werden können, wenn die labortechnische Entschlüsselung der Wirkungsweisen einhergeht mit einer Umstrukturierung der gesellschaftlichen Praktiken in den Krankenhäusern, der Bier- und Weinfabrikation und der Tier- und Pflanzenhaltung.

Der Wissenschaftssoziologe Bruno Latour hat diese Beziehung auf die Formel gebracht, dass der Anwendungserfolg der Wissenschaft davon abhängt, dass sich das Anwendungsgebiet in eine laborähnliche Sonderwelt verwandelt: »Give me a laboratory and I will raise the world« (Latour 1983). Für Latour ist diese Umwandlung der archimedische Punkt, über den die Wirklichkeit die Form eines Realexperiments annimmt. In der Tat spielt bei allen Realexperimenten immer eine Rolle, wie weit Umstände isoliert und kontrolliert werden können. Jedoch gibt es kein allgemeines Verfahren dafür, modelltheoretisch zu erfassen, welche Faktoren ein- oder ausgegrenzt und in welchem Umfang kontrolliert sind; denn man kann nicht wissen, was man nicht weiß. Daher entschloss sich Pasteur, die Risiken von öffentlichen Experimenten einzugehen (vgl. Bucchi 2004; Latour 1988). Zugleich zielte er auf den publizistischen Effekt, der ihm im Erfolgsfall sicher war. Viele seiner Vorgehensweisen bei diesen Forschungen sind rekursive Lern-

prozesse, in denen Laborwissen, Realexperimente und offene Beobachtung des Feldes geplant und ungeplant ineinander spielen. So stieß Pasteur beispielsweise zufällig auf den Tatbestand, dass Milzbrand auch durch tote und begrabene Tiere übertragen werden kann, weil ihm die Bodenfärbung eines Feldes einer milzbrandinfizierten Gegend auffiel. Die Laboruntersuchung ergab, dass Würmer Keime des Milzbrands wieder an die Oberfläche brachten, von wo aus sie den Rückweg in die Nahrungskette der Schafe fanden. Das Realexperiment, die Schafe nicht auf Weideland zu verscharren, war erfolgreich. Selbst die weitreichende Entdeckung der Immunimpfung verdankt sich eher dem Zufall einer beiläufigen, jedoch aufmerksam registrierten Beobachtung als einem gezielten Experiment. Pasteur entdeckt, dass Keimkulturen, die er mehrere Wochen sich selbst überlassen hatte, weitgehend unwirksam geworden waren. Von hier aus wurde er auf die Idee geführt, Krankheitskeime mit unterschiedlichen Wirkungsgraden zu züchten und als Impfstoffe einzusetzen. Um die neue Keimtheorie der Ansteckung entspann sich ein heftiger Streit, in dem Rossignol, der Herausgeber einer Zeitschrift der Veterinärmedizin, an Pasteur die Herausforderung formulierte, in einem öffentlichen Realexperiment seine Theorie unter Beweis zu stellen. Der Wissenschaftshistoriker Holmes kommentierte den Vorgang:

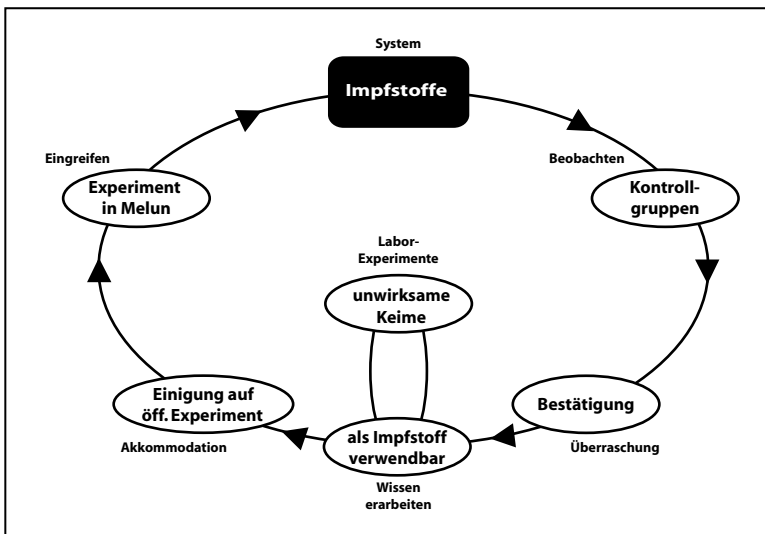
»Würde Pasteur es wagen, seinen Impfstoff einem öffentlichen Test auszusetzen? ›Die Aufmerksamkeit, die diese Experimente notwendigerweise hervorrufen«, sagte er [i.e. Rossignol], ›wird alle Geister ansprechen und damit enden, die immer noch Skeptischen zu überzeugen; die Evidenz der Tatsachen wird zum Ergebnis haben, alle Ungewißheit zu verjagen.« Die landwirtschaftliche Gesellschaft von Melun stimmte dem Vorschlag zu und sein Vorsitzender wurde beauftragt, [...] Pasteur die Herausforderung zu unterbreiten, eine öffentliche Demonstration unter den vorgelegten Bedingungen zu veranstalten. Die Bedingungen wurden von Rossignol gedruckt und weitläufig verbreitet« (Holmes 1961: 105; unsere Übersetzung).

Es handelte sich um ein Kontrollgruppenexperiment, das nur gut gehen konnte, wenn der Impfstoff gegen die Ansteckung wirkte. Es ging gut. Die Kritiker verloren an Boden und schon im selben Jahr 1881 wurden 34.000 Tiere geimpft, Ende 1883 waren es bereits 500.000 (ebd.: 107). Pasteur scheute keine späteren Gelegenheiten, auch weitere Anwendungen seiner Theorie, nach der alle Ansteckungskrankheiten auf der Ausbreitung pathogener Keime von Mikroorganismen beruhten, öffentlich zu demonstrieren. Sein Ziel war nicht nur, nicht einmal in erster Linie, wissenschaftliche Gegner zu überzeugen, sondern in die Überzeugungen der Bevölkerung hineinzuwirken.

Will man Pasteurs Weg zum Experiment in Melun in einem rekursiven

Lernzyklus darstellen, so kann man als Ausgangspunkt zum einen gesellschaftliche Probleme wie Hunger oder Krankheiten annehmen. Es scheint aber hier so zu sein, dass es eher zufällig verlaufende erfolgreiche Laborexperimente waren, also das, was wir in Kapitel 1 mit dem ›Erhärten‹ und ›Verfeinern‹ im Labor bezeichnet haben. Hier handelte es sich jedoch um eine erstmalige Untersuchung des Themas, sodass man auch von ›Grundlagen erarbeiten‹ sprechen könnte. Aus der Beobachtung unwirksamer Keime im Labor ergab sich die Einsicht (Wissensanpassung als eine besondere Form der Akkommodation), dass man diese als Impfstoffe einsetzen könnte. Ergebnis dieser Akkommodation war ein öffentliches Experiment, das in Melun durchgeführt wurde. Beobachtet wurden verschiedene Kontrollgruppen und als Ergebnis ergab sich eine Bestätigung der Hypothese. Es lässt sich hier in der oben eingeführten Terminologie von rekursivem Lernen sprechen, denn der Zyklus wird hier einmal vollständig durchlaufen (siehe Abb. 2.1).

Abb. 2.1: Rekursives Lernen am Beispiel von Pasteurs Impfstoff



Schon vor Pasteur hat jedoch ein weiterer Forscher den Weg in die Öffentlichkeit beschritten. Claude Bernard (1813-1878) schrieb mit seiner 1865 erschienenen »Einführung in die experimentelle Medizin« die erste umfassende theoretisch-methodologische Auseinandersetzung über die Problematik der Experimente mit Lebewesen. Bernard war sich der Grenzüberschreitung dieser Experimente, insbesondere derjenigen am lebenden Kör-

per (Vivisektion), bewusst. Während im normalen Laborexperiment mit toten Materialien moralische Gefühle keinen Ort haben, ist die Grausamkeit gegenüber Versuchstieren faktisch nicht zu unterscheiden von grausamem Verhalten außerhalb der Wissenschaft. Allein um das höhere Gut des Wissens und seiner nützlichen Anwendung willen kann der moralische Unterschied konstruiert werden, der die Vivisektion rechtfertigt, dem Tier jedoch wenig hilft. Während Pasteurs Experimente überwiegend auch den jeweiligen Tiergattungen selbst nützten (es sozusagen aufopferungsvolle Schafe gab, um andere Schafe vor Milzbrand zu schützen), ist in den Tierversuchen der Medizin allein der Mensch Nutznießer der Tierversuche. Bernard war sich überaus bewusst darüber, dass dieser Typus des Experimentierens unvermeidlich einen realexperimentellen Aspekt hat. Die institutionelle Grenze, die im Anschluss an Bacon zwischen den für die Gesellschaft exterritorialen Vorgängen im Labor und den Anwendungen in der Gesellschaft gezogen wurde, versagt hier, da sich das Leiden der Tiere nicht entlang dieser Grenze aufteilen lässt. Bernards Argumentation versuchte, die höheren Werte der Wissenschaft für die Rechtfertigung der Tierversuche in Anspruch zu nehmen, aber er erreichte eher das Gegenteil. Eine bis heute andauernde Debatte über die Berechtigung von Tierversuchen hatte bereits im 19. Jahrhundert ihren ersten Höhepunkt (Elkeles 1996).

Was für Tierversuche gilt, stimmt ebenso für Versuche an und mit Menschen. Sie breiteten sich in der medizinischen und psychopathologischen Forschung zeitgleich mit der erfolgreichen Anwendungsorientierung der Grundlagenwissenschaften aus. War diese für Liebig die Chemie und für Pasteur die Mikrobiologie, so wurde bei Bernard die Physiologie die Grundlagenwissenschaft der experimentellen Medizin:

»Wir sehen leicht, daß die Medizin notwendigerweise dazu tendiert, experimentell zu werden und daß jeder Arzt, der seinen Patienten aktiv Medikamente verabreicht, daran beteiligt ist, die Experimentalmedizin aufzubauen. Wenn jedoch solche Handlung seitens des experimentellen Arztes den Empirismus überschreiten und den Namen Wissenschaft verdienen sollen, müssen sie auf einem Wissen der Gesetze basieren, die die Aktivitäten der inneren Umwelt des Organismus bestimmen [...]. Die wissenschaftliche Basis der experimentellen Medizin ist die Physiologie« (Bernard 1957: 198, unsere Übersetzung).

Im Anschluss an diese deduktionistisch wirkende Aussage betont Bernard die große Bedeutung der beobachtenden Medizin an den Kranken für die Fortschritte der Physiologie. »Das erste Erfordernis also, um experimentelle Medizin zu praktizieren, ist, ein beobachtender Arzt zu sein und von so reinen, einfachen und so vollständigen Beobachtungen der Patienten wie möglich auszugehen« (ebd.). Beide Aspekte zusammenziehend beschreibt



Bernard dann den rekursiven Lernprozess zwischen (theoriegestützter) Physiologie und (einzelfallabhängiger) Pathologie. Die damit verbundene Aufforderung, dass jeder wissenschaftlich orientierte Arzt als experimentierender Praktiker am Fortschritt des medizinischen Grundlagenwissens mitwirken könne und solle, ist die erste explizite methodologische Darstellung der Wissenserzeugung durch das Ineinandergreifen von Realexperiment und Laborexperiment, wenn auch die Terminologie eine andere ist. Diese Balance kann nicht zugunsten einer Seite aufgegeben werden.<sup>12</sup> Zunächst erscheint es in Bernards Text als beinahe widersprüchlich, wenn einerseits die Physiologie als »wissenschaftliche Basis« (ebd.) der Medizin ausgegeben wird, und andererseits die pathologische medizinische Beobachtung als »konstante Basis oder gemeinsamer Grund aller Untersuchungen und Erklärungen« (ebd.: 199) gesehen wird. Die Auflösung liegt in der Rekursion des Lernens. Während die Pathologie den Blick für die Komplexität des Geschehens schult, sucht die Physiologie die möglichst einfache und allgemeine Erklärung. Es wäre nach Bernard katastrophal für die medizinische Wissenschaft, wollte sie die Pathologie als die »komplexere Wissenschaft« auf die Physiologie als die »einfachere Wissenschaft« und vermeintliche Grundlagenwissenschaft zurückführen.

Die weltweite publizistische Wirkung des Essays von Bernard steht den »Chemischen Briefen« Liebig's von 1878 (Liebig 1967) und den öffentlichen Auftritten Pasteurs nicht nach. Sie trägt auch dazu bei, den experimentellen Ehrgeiz der medizinischen Forschung auf den Menschen auszudehnen. Ein Höhepunkt dieser Humanexperimente waren die Syphilis-Untersuchungen des Breslauer Universitätsprofessors Albert Neisser, die er 1898 publizierte. Nach dem Muster der Forschungen Pasteurs ging es um die Kenntnis und Kultivierung des Syphiliserregers. Das Ziel war eine Therapie durch präventive Schutzimpfung. Neisser injizierte mit Vorliebe »jungen, der Prostitution verfallenen Personen« sein Versuchsserum. Initiiert durch einen Artikel in der Tageszeitung »Münchener Freie Presse« am 20. Januar 1899 kam es zu einem öffentlichen Schlagtausch.<sup>13</sup> Wir begnügen uns im Folgenden mit einigen Hinweisen auf medizinische Experimente. Sie sind für die Thematisierung von Realexperimenten von größter Bedeutung und sie bleiben bis in die Gegenwart kontrovers, aber sie verlangen eine eigenständige Behandlung, die hier nicht geleistet werden kann.

Das besondere Merkmal dieser Experimente sind die mit ihnen ver-

**12** | Liebig hingegen lehnte das Erfahrungswissen der Praktiker ab.

**13** | Die Kontroverse ist Gegenstand einer laufenden Dissertation von Katja Sabisch am Graduiertenkolleg »Auf dem Weg in die Wissensgesellschaft« des Bielefelder *Instituts für Wissenschaft- und Technikforschung* (IWT). Ihr verdanken wir Unterlagen zu diesen Fall.

bundenen ethischen Konflikte. In der medizinischen Forschung kommt es neben den zwischengeschalteten Tierexperimenten am Ende jeder Entwicklungskette neuer Medikamente, diagnostischer Verfahren und Therapie-techniken immer und unvermeidlich zu realexperimentellen Situationen wie der Arbeit mit Kontrollgruppen und der Beobachtung von Nebenwirkungen. Ihre mögliche Kollision mit strafbaren Handlungen (Körperverletzung und Tierquälerei) wird dadurch vermieden, dass der höhere Wert des Erkenntnisnutzens eine Spezialexemption rechtfertigt. Im Verlaufe der Entwicklung seit der Jahrhundertwende haben Kontroversen und Skandale dazu geführt, dass die demokratische und rechtliche Kontrolle immer weiter ausgebaut wurde und strengere Regelungen greifen. Hierzu gehört die Informationspflicht und Zustimmung Betroffener, strenge Durchführungsbestimmungen für Zulassungsverfahren und Berichtspflichten. Vor allem bei der Zulassung neuer Medikamente und bei Realexperimenten am Krankenbett hat diese Regelungsdichte zu Verbesserungen geführt, ohne die Risiken grundsätzlich beseitigen zu können. Dass es dennoch immer wieder zu Missbrauch und Fehlentwicklungen während und nach der realexperimentellen Phase kommt, liegt nicht nur an Regulierungs-, Verfahrens- und Kontrolldefiziten, sondern auch an der außerordentlichen Komplexität der Materie. Die vielfältigen Wechselwirkungen von Medikamenten mit dem – wie Bernard es nannte – »inneren Milieu« des Körpers, in dem meistens auch andere Medikamente wirksam sind, lassen sich in ihrer Schädlichkeit häufig nicht genügend präzisieren und in experimentelle Designs einbetten.

Neben den genannten Forschungsfeldern, in denen Laborforschung und Realexperimente Hand in Hand gingen (Agrikultur, Tierpathologie und Medizin), sind es auch die Kernfelder der Industrialisierung, in denen Technologieentwicklung und theoretische Forschung zu rekursiven Lernprozessen führen. Zu nennen sind wissenschaftliche Mechanik, Thermodynamik, Elektrizitätslehre und Chemie. Der Wissenschaftshistoriker Thomas Hughes (1987) hat herausgearbeitet, dass der ›Ort‹ dieser Prozesse die sozio-technischen Systeme von der Art der Infrastruktursysteme wie elektrische Versorgung, Transport, Trinkwasserversorgung, Entsorgung von Müll und Abfall sind. Die Rückwirkungen zwischen Erfindung, Implementierung und Beobachtung von Fehlentwicklungen integrieren Forschung und Entwicklung. In Hughes Worten:

»Technological systems contain messy, complex, problem-solving components. They are both socially constructed and society shaping. Among the components in technological systems are physical artifacts, such as the turbogenerators, transformers, and transmission lines in electric light and power systems. Technological systems also include organizations, such as manufacturing firms, utility companies, and invest-

ment banks, and they incorporate components usually labelled scientific, such as books, articles, and university teaching and research programs. Legislative artifacts, such as regulatory laws, can also be part of technological systems« (ebd.: 51).

Der Beschreibung ist zu entnehmen, wie die Integration der Forschung in die Komponenten des Systems dazu führt, das System dynamisch zu halten. Es tendiert dazu, durch immer stärkere Kontrolle seiner Umwelt (Versorgung mit Rohstoffen, Steuerung von Märkten) seine interne Verlässlichkeit und externe Ausdehnung zu steigern. Wir werden im nächsten Kapitel sehen, dass mit ähnlichen Vorstellungen auch die Dynamik ganzer Städte zu verstehen versucht wurde.

Absicht dieses Kapitels ist es gewesen, die Bedeutung der realexperimentellen Einstellung für die Zeit des 19. Jahrhunderts nachzuzeichnen, in der eine Reihe von Wissenschaften theoretisch und methodisch anwendungsreif wurden sowie Prozesse rekursiven Lernens zwischen Forschung im Labor und Forschung im Anwendungskontext sich ergaben oder institutionell eingerichtet wurden. Die Ergebnisse lassen sich unter zwei Gesichtspunkten bündeln: (1) Umstrukturierung der Gesellschaft und (2) Publizität des Wissens:

1. Die Anwendung wissenschaftlichen Wissens bedingte eine Umstrukturierung der Gesellschaft in Richtung einer Regulierung und Kontrolle der industriellen Handlungsmuster nach dem Modell des Labors. Im Gegenzug wurde wissenschaftliche Forschung befähigt, auch komplexe Vorgänge wie die Zyklizität der Lebensprozesse und die Ansteckung von Krankheiten zu analysieren. Die Kombination beider Prozesse führte zu wissenschaftsbasierten Technologien, die zu ökonomischen Grundlagen der Industriegesellschaft wurden – in unseren Beispielen die Konstruktion von Kunstdüngern und Impfstoffen. Unter den gesellschaftstheoretischen Beobachtern dieser Entwicklung wurde die Kausalfrage, ob die Wissenschaft ihre Impulse der Industrie verdankt oder umgekehrt, ständig hin- und hergeschoben. Ideologisch hing viel von dieser Frage ab: Wo liegt die Quelle der Antriebskraft, in der Grundlagenforschung oder in der Industrialisierung? Wir gehen davon aus, dass beides von der realexperimentellen Modernisierungsdynamik und der Bereitschaft zum rekursiven Lernen gespeist wird. Wir haben zu Beginn des Kapitels den amerikanischen Philosophen John Dewey erwähnt, der in seiner Philosophie des Pragmatismus wissenschaftliche Gewissheit und das industrietechnische Streben nach Handlungssicherheit verknüpft hat. Bei dieser Integration von Erkennen und Handeln gilt die experimentelle Methode nicht in erster Linie als ein Hilfsmittel der Wissenschaft zur Gewinnung allgemeiner theoretischer Sätze, sondern als eine Handlungsform, in denen Handlungsplanungen und Handlungsfolgen, Entwürfe und Überraschungen aneinander gebunden sind. In dieser

Konzeption konnte der Pragmatismus zu einer Philosophie der industriellen Gesellschaft avancieren, in der Wissensgenerierung und technischer Fortschritt ineinander greifen.

2. Die Beispielfelder der Agrikultur, der Seuchenkrankheiten, der Medizin und die infrastrukturellen Innovationsfelder der sozio-technischen Systeme zeigen auf, dass der öffentliche Diskurs eine wesentliche Grundlage realexperimenteller Praktiken ist. Das publizistische Wirken vieler bedeutender Wissenschaftler des 19. Jahrhunderts hat seine Quellen in den Impulsen der Aufklärung im 18. Jahrhundert. Es verändert jedoch seine Funktion sehr stark dadurch, dass nicht mehr (allein) das Wissen über die Welt, sondern die Beteiligung der Wissenschaft an der Veränderung der Gesellschaft der entscheidende Bezugspunkt wird. Francis Bacon hatte zu Beginn der Neuzeit betont, dass die gesellschaftliche Akzeptanz der experimentellen Methode ein Experiment der Gesellschaft mit sich selbst sei. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde dieses Programm Realität – aber anders, als die institutionelle Konstruktion des Gesellschaftsvertrags in Aussicht gestellt hatte. Bacon hatte behauptet, dass das Risiko dieses Experiments gering sei, weil es möglich ist, die experimentelle Methode als spezielle Methode des Erkenntniserwerbs in das Institutionensystem der wissenschaftlichen Rationalität einzugliedern. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Wissenschaft danach strebt, möglichst früh die Öffentlichkeit einzubeziehen und von ihr Veränderungen zu erwarten, durch die sich der Nutzen neuen Wissens entfalten kann. Das publizistische Wirken der Forscher des 19. Jahrhunderts zielte darauf, wissenschaftliche Forschungsdynamik mit dem sozialen Wandel zu verknüpfen. Dies ist auch das Thema des folgenden Kapitels, in dem ein besonderer Blick auf die Herausforderung der experimentellen Verknüpfung von wissenschaftlicher Generierung sozialwissenschaftlichen Wissens mit der Anwendung dieses Wissens gelegt werden soll.

### 3. Die moderne Gesellschaft als Experimentierraum

---

Die im vorangegangenen Kapitel diskutierten Auseinandersetzungen zum Verhältnis von Gesellschaft zum Experiment wurden auch mit der Institutionalisierung der Sozialwissenschaften seit Beginn des 19. Jahrhunderts kontrovers diskutiert. Die gängigsten Einwände gegen die experimentelle Methode in den Sozialwissenschaften allgemein und besonders in der Soziologie sind in der Regel folgende: Anders als in der Natur sind im Bereich sozialer Beziehungen keine Kausalgesetze vorzufinden, da er sich aus Bedeutungen, Intentionen und Institutionen konstituiert. Weiterhin entziehen sich soziale Phänomene der experimentellen Kontrolle und schließlich sind artifizielle Experimente in der Gesellschaft ethisch kaum zu verantworten (vgl. z.B. Comte 1854: 68-74; Durkheim 1984: 205-213). Diese Einwände können als gültig gelten, wenn man die soziale Wirklichkeit und damit das soziale Experiment idealtypisch ins Labor zwingen möchte. Mit dieser Vorstellung im Sinn, hatten bereits relativ früh amerikanische Soziologen die Möglichkeiten eines experimentellen Forschungsdesigns für Untersuchungen mit kleinen Gruppen entworfen (vgl. z.B. Angell 1932; Carr 1929; Chapin 1947). Aufgrund großer Fortschritte in den Beobachtungsmethoden konnten sich diese Forschungen insbesondere in der amerikanischen Sozialpsychologie etablieren (vgl. Dehue 2004a; Oakley 2000). Zu Beginn des 20. Jahrhunderts begannen aber viele andere Sozialwissenschaftler, sich von dem Ziel zu lösen, das Laborexperiment als Vorbild zu betrachten. Auch Schulz (1970) diskutiert eine Vielfalt von Definitionen, bei der naturwissenschaftliche Laborversuche nur eine von fünf möglichen Bedeutungen des Experimentbegriffs darstellen. Schulz bringt fünf Kerndefinitionen in eine Chronologie, um ihre entsprechenden Hauptbedeutungen in bestimmten Zeiträumen aufzuzeigen. Interessanterweise stellt die fünfte Bedeutung

seiner Reihe die am weitesten entwickelte Form des Experiments in der Gegenwartsgesellschaft des 20. Jahrhunderts dar. Es ist dies das Experiment als »gewagtes Unternehmen«, als Reform oder Erneuerung (ebd.: 22; vgl. auch Parthey/Wahl 1966: 229-240).<sup>14</sup> Leider führt Schulz diesen Aspekt nicht weiter aus.

Allgemein kann festgehalten werden, dass die Geschichte der sozialwissenschaftlichen Experimente außerhalb des Labors sehr reichhaltig und äußerst verschieden in ihren Schattierungen ist. Sie wurde jedoch bis heute nur zu einem kleinen Teil aufgearbeitet (siehe aber Brown 1997; Bulmer 1986; Dehue 2004b; Groß/Krohn 2005; Oakley 2000). Im Folgenden kann es daher nur darum gehen, einen Streifzug durch die Geschichte der modernen Gesellschaft als Experimentierraum zu liefern, der für das Verständnis heutiger Realexperimente förderlich ist.

### 3.1 Gesellschaftswissenschaft und die Anwendung von Wissen

In der Chicagoer Schule der Soziologie des späten 19. und frühen 20. Jahrhunderts wurde der Entwicklungsprozess der Gesellschaft selbst als ein experimenteller verstanden, der den Soziologen in die Position des teilnehmenden Beobachters versetzt. Diese »experimentelle Soziologie« positionierte sich in dieser Tradition entlang zweier Dimensionen: *Erstens* der Kontrollierbarkeit von Randbedingungen und *zweitens* der Anwendbarkeit und Produktion von (sozial-)wissenschaftlichem Wissen. Im Folgenden werden die frühen Versuche und der theoretische und methodologische Hintergrund zu einem solchen Verständnis von Gesellschaft vorgestellt, um auf dieser Grundlage ein Konzept von »Gesellschaft als Experiment« zu entwickeln. Die Idee des Experimentes eröffnet unserer Meinung nach wichtige konzeptionelle Einsichten für zeitgenössische Ansätze in der Sozial- und Umwelttheorie und bietet damit einen Ausgangspunkt für eine realexperimentelle Forschungsstrategie.

**14 |** Neben dem »gewagten Unternehmen« umfasst die Typologie des Weiteren Experimente als versuchsweise Verfahren, als wissenschaftliches Vorgehen mit standardisierten Forschungsmethoden sowie als Verfahren der Beweisführung anhand des Nachweises von Kausalzusammenhängen. Lediglich die zweitletzte Form des Experiments in der Auflistung von Schulz ist das »klassische« Laborexperiment, verstanden als der künstliche Aufbau von Anordnungen auf der Laborbank, wie sie seit dem 17. Jahrhundert entwickelt werden (vgl. Greenwood 1976: 48-71; Siebel 1965: 17-22).

Seit dem Beginn der Institutionalisierung der Soziologie als eigenständiger Disziplin haben Soziologen versucht, ihre Ansätze dadurch zu objektivieren, dass sie die Sprache und Methodologie der Naturwissenschaften übernahmen. Hierfür ist die Metapher der Gesellschaft oder Stadt als Labor ein Beispiel, die spätestens seit der Gründung des »Department of Sociology« an der University of Chicago im Jahr 1892 gebraucht wird. Zu dieser Zeit sprach man der soziologischen Forschung das Potenzial zu, wissenschaftliche Einsichten zu generieren, die der Gesellschaft als Orientierung dienen konnten. Tatsächlich war der Gedanke, die Stadt Chicago als das gesellschaftliche Labor *par excellence* zu betrachten, einer der Kernideen für den ersten Professor des soziologischen Departments, Albion W. Small (1854-1926), der damit auch einen neuen Ansatzpunkt zur Analyse von Gesellschaft überhaupt hervorbrachte.

Diesen Grundgedanken kann man im ersten amerikanischen Lehrbuch der Soziologie verfolgen, einer Monographie mit dem Titel »An Introduction to the Study of Society« (1894) von Albion W. Small und George E. Vincent. In ihrer Einführung beschreiben sie ihr Buch schlicht als einen – biologischen Leitfäden ähnlichen – »laboratory guide«, um Menschen in ihren alltäglichen Beschäftigungen zu erforschen (Small/Vincent 1894: 15ff.; vgl. auch Vincent 1905). »An Introduction to the Study of Society« war somit als Leitfaden gedacht, mit dessen Hilfe Studierende der Soziologie Experimente in der Gesellschaft erforschen können. Als »laboratory manual« gab es Anleitungen und Vorschläge für das Vorgehen bei spezifischen Experimenten oder Beobachtungen, was auch bereits durchgeführte oder von Dritten entworfene Experimente einschloss. Die Wahrnehmung der Stadt als Labor und das Erforschen der Gesellschaft als Arbeit in diesem Labor wurde sogar im Katalog der University of Chicago von 1899/1900 präsentiert: »[T]he city of Chicago is one of the most complete social laboratories in the world« (zitiert nach Bannister 1987: 39). Gemeinsam mit anderen Soziologen setzten sich Small und Vincent für die Auffassung ein, dass soziologische Untersuchungen innerhalb des sozialen Labors stattfinden und jedes Ergebnis eines sozialen Prozesses auf einem Experiment beruht. In einem Artikel über die »Zukunft der Soziologie« stellte Small fest:

»All life is experimentation. Every spontaneous or voluntary association is an experiment. Every conscious or unconscious acquiescence in a habit is an experiment. [...] Each civilization in the world today, each mode of living side by side within or in between the several civilizations is an experiment« (Small 1921: 187).

Im Anschluss führt er aus, was dies für soziologische Forschung bedeuten könnte:

»All the laboratories in the world could not carry on enough experiments to measure a thimbleful compared with the world of experimentation open to the observation of social science. The radical difference is that the laboratory scientists can arrange their own experiments while we social scientists for the most part have our experiments arranged for us« (ebd.: 188).

Diese Aussage muss noch weiter spezifiziert werden. Der Versuch, das gesamte gesellschaftliche Leben an das Risiko von Versuch und Irrtum zu binden,<sup>15</sup> ließe keinen Raum für eine Differenzierung zwischen sozialem Wandel und experimentellen Strategien. Er kann daher nicht die konzeptionelle Grundlage einer neuen Methode der »experimental sociology« bieten. Dennoch findet sich in Smalls Beschreibung eine bemerkenswerte Wendung: Experimentieren wird nicht auf wissenschaftliche Methoden, sondern stattdessen auf soziales Leben gegründet und damit die Wesensmerkmale von Experimenten nicht über die Rahmenbedingungen des Studienobjektes bestimmt, sondern durch die Methode des soziologischen Beobachters. Dies erfordert aber eine genauere Darlegung der sozialen und kulturellen Bedingungen, die dem gesellschaftlichen Leben seinen experimentellen Charakter verleihen. Der Aufbau und die permanente Veränderung von Ortschaften sind von individuellen und institutionellen Planungen einerseits und von unvorhergesehenen Ergebnissen andererseits geprägt, die weitere Planungen des Wandels beeinflussen. In diesem Sinne lässt sich Smalls Behauptung, dass die »Experimente für uns bereits arrangiert« sind, verstehen.

Die Rede von der Gesellschaft als soziologischem Labor wurde zunächst in Bezug auf »social settlements« verwendet. Solche Settlements sind eine Art Wohlfahrtszentrum, die normalerweise in ärmeren Vierteln einer Stadt angesiedelt waren und zur Verbesserung von Lebensbedingungen zusammen mit der Untersuchung dieser eingerichtet wurden. Die konkreten Ziele und Formen dieser Settlements waren im Einzelnen recht unterschiedlich. Das erste Settlement beispielsweise, »Toynbee Hall«, das 1884 in Whitechapel, London, gegründet wurde, wollte neben der wissenschaftlichen Erforschung von Armut auch der Bildung der ärmeren Bevölkerung und der Förderung von lokalem Engagement dienen. In Chicago stand zuerst die wissenschaftliche Erforschung im Vordergrund. Studierende der Universität in Chicago sollten einige Wochen oder Monate als Teil ihres Studiums in den »settlement houses« leben, um die Lebensbedingungen besser zu er-

**15** | Greenwood (1976: 16; 46-47), ein Klassiker der experimentellen Soziologie, nannte dies »hit or miss«- oder »trial and error«-Experimente, die er nicht unter seine Definition von echten Experimenten fasst. In einem ähnlichen Sinn sprach Giddings (1924) bereits von »partial experiments«.



forschen und darauf aufbauend Expertisen für die Verbesserung der Unterschichten zu erstellen. Neben der Bezeichnung dieser Settlements als »Labor« wurde der Begriff später vor allem in Bezug auf Städte gebraucht (vgl. Deegan 1988; Park 1929). Andere Soziologen des Chicagoer Departments in den 1890er Jahren, wie Charles Henderson oder Charles Zueblin, gebrauchten den Begriff »soziologisches Labor«, um die Synthese aus »social settlement« und soziologischer Forschung als einen Teil des gesellschaftlichen Fortschritts zu bezeichnen.<sup>16</sup>

Die herausragende Rolle der wissenschaftlichen Beobachtung der Gesellschaft, also der Produktion von soziologischem Wissen, ging nach Auffassung der Chicago School auch mit der zentralen Bedeutung von Sozialreformen einher. Die gesellschaftliche Anwendung von neu gewonnenem Wissen und die Gestaltung von Strategien, um dieses Wissen wieder in die Gesellschaft einzuspeisen, wurden beispielsweise in Studien über abweichendes Verhalten, Forschung über die ökologischen Grundlagen der Gesellschaft, über Sozialversicherung, über Entfremdung durch Arbeitslosigkeit oder Studien über den Einfluss von Immigranten auf sozialen Wandel verfolgt (vgl. z.B. Addams 1970; Henderson 1899; Kellor 1901; Lathrop 1894; Small/Vincent 1894; Thomas 1914; Zueblin 1899). Es ist gerade dieser Zusammenhang von wissenschaftlicher, strategischer Handlung und methodologisch geleiteter Beobachtung derselben, die dem Ansatz von Small die Möglichkeit einer Operationalisierung verleiht.

1895 lieferte die Sozialreformerin und Frauenrechtlerin Jane Addams (1860-1935) ein anschauliches Beispiel für diese Sichtweise soziologischer Forschungspraxis in der Gesellschaft. Im Vorwort zu einer Sammlung von Artikeln unter dem Titel »Hull-House Maps and Papers« beschreibt sie die Idee, die dem ersten Chicagoer Settlement, »Hull House«, zugrunde lag: Eine Gruppe von Universitätsgelehrten sollte sich in den ärmeren Vierteln von Chicago ansiedeln, um die Menschen dort zu informieren und zu motivieren, an Lokalpolitik und einem breiteren gesellschaftlichen und intellektuellen Leben teilzunehmen (vgl. Addams 1970: vii-viii).<sup>17</sup> 15 Jahre später bekannte Addams, dass sie die Idee eines »sociological laboratory« ablehnte, denn »settlements should be something much more human and

**16 |** Deegan (1988: 36) argumentiert, dass vor allem Sozialarbeiterinnen solche Settlements zu verbessern halfen. Die soziologische Beobachtung – in Gestalt der distanzierten Perspektive auf das gesellschaftliche Labor – fällt hingegen in die Domäne des Mannes.

**17 |** Zu einem Bericht über die »Hull-House«-Studien anlässlich des 100. Geburtstages 1989 siehe Trolander (1991). Eine neuere und allgemeinere Würdigung der »settlement sociology« zwischen 1880 und 1930 findet sich in Lengermann/Niebrugge-Brantley (2002).

spontaneous than such a phrase connotes» (Addams 1967: 309). In vergleichbarer Weise bemerkte Charles Henderson, dass Menschen, die in Settlements arbeiten, »very naturally resent the notion that a Settlement is a ›laboratory‹ where inquisitive investigators may pursue methods of vivisection and torture, in order to illustrate or test sociological theories« (Henderson 1899: 183). Obwohl Henderson dem Einwand von Addams zustimmt, misst er der exakten Wissenschaft eine wichtige Rolle für die Sozialarbeit bei. Er betont auch, dass die besten wissenschaftlichen Arbeiten durch diejenigen entstehen würden, die tatsächlich selbst in »settlement housings« arbeiten, denn »science and sentiment are not enemies, but comrades« (ebd.: 184). Ebenso spricht Addams in fast jedem Kapitel des »Hull-House«-Bandes von »Experimenten«, wenn sie auf Projekte im Hull-House und auf andere Aktivitäten im Zusammenhang mit »social settlements« Bezug nimmt. Sie gebraucht den Experimentbegriff für verschiedene Projekte, beispielsweise auch bei »kooperativen Experimenten« (*cooperative experiments*) mit anderen Gruppen und Institutionen der Stadt.<sup>18</sup> Addams versteht Experimente weder als etwas rein Wissenschaftliches, das fern realer Gegebenheiten ausschließlich im Labor stattfinden kann, noch fasst sie darunter jegliche sozialen Handlungen oder Geschehnisse, die Veränderungen hervorrufen. Experimente in der Gesellschaft, so legen Addams und andere nahe, lassen immer ein Element der Unsicherheit erwarten, das nie vollständig kontrolliert oder durch Planung verhindert werden kann – und auch nicht sollte. Die Vielfalt menschlichen Seins macht das, was wir am Anfang das »Experimentalsystem« genannt haben, so komplex, dass jeder Versuch, es vollständig zu beschreiben oder gar den Verlauf seiner Entwicklung prognostizieren zu wollen, sich als illusorisch erweisen würde. Menschen sind also nicht Objekt von Experimenten, sondern aktive Teilnehmer, die theoretische Annahmen über das soziale Leben unter realen, nur teilweise kontrollierbaren Bedingungen erproben. In Addams' Verständnis der experimentellen Hull-House-Projekte werden auch Randbedingungen oder kontrollierte Parameterveränderungen berücksichtigt.

Allgemein wurden in dieser Tradition der Chicagoer Schule soziale Prozesse als Experimente verstanden, die von der Gesellschaft selbst durchgeführt werden und mit der strukturellen Komplexität und mit den unvor-

**18 |** So diskutiert sie verschiedene »successful and unsuccessful experiments in self-government« (Kap. 2) oder »careful research and self-examination as a procedure to successful experiments in social reform« (Kap. 12). In Kapitel 13 greift sie die Problemstellung der »experimental outdoor school« auf, einem der Außenterrassen des Hull-House; in Kapitel 16 betrachtet sie die Hull-House-Theater-Gruppen als »humble experiment«; und in Kapitel 7 nimmt sie auf Experimente mit verschiedenen Softdrinks als Ersatz für Alkohol Bezug.

hersagbaren Dynamiken des Stadtlebens umzugehen hatten. Von daher stellen sich Soziologen als unabhängige und objektive Wissenschaftler dar, die neutrales Wissen produzieren und dieses gleichzeitig auch als Praktiker in der Regel in die Gesellschaft zurückspeisen können, um soziale Bedingungen zu verbessern. Das bedeutet, dass Experimentieren in der Gesellschaft, wie es die Soziologen der Chicagoer Schule um 1900 verstanden, die unmittelbare Anwendung von soziologischem Wissen in Siedlungen ermöglicht, das umgekehrt Daten für die Analyse der Gesellschaft liefert, und so diesen Prozess in ein soziologisches Experiment wendet. Darüber hinaus platziert es den beobachtenden Soziologen in die Mitte des Experimentes selbst.

### 3.2 Die Stadt als gesellschaftliches Experiment

Etwa eine Generation später nahmen Robert E. Park (1864-1944) und Ernest W. Burgess (1886-1966) die frühen Chicagoer Ideen auf. In ihrer einflussreichen »Introduction to the Science of Sociology« (Park/Burgess 1972) und insbesondere in den folgenden Arbeiten von Park wurde das Verständnis der teilnehmenden Beobachtung im Experiment in ein damals einflussreiches Forschungsprogramm umgesetzt. Auch Park begriff die Stadt als gesellschaftliches Labor, wobei er Wände und Gebäude, Werkzeuge und andere lose Dinge im Gebrauch der Einwohner mit einschloss (Park 1915). In diesem Ansatz sind alle Bestandteile der Umwelt voneinander abhängig und werden von individuellen, kollektiven *und* ökologischen Kräften bewegt (vgl. Park 1915, 1925a, 1925b, 1929, 1936, 1939).

Wenngleich Park Ideen über soziale Reformen häufig kritisch gegenüber stand (vgl. Deegan 1988; Harkavy/Puckett 1994; Raushenbush 1979), richtete er insbesondere in seiner frühen Karriere als Reporter in Tuskegee seine praktischen Interessen auf die Verbesserung der Lebensbedingungen der Südstaaten-Bauern afrikanischer Herkunft (vgl. Park 1906, 1908). Sogar nach dem Ersten Weltkrieg, als zahlreiche Hoffnungen der Sozialreformer zerstört waren, setzte sich Park nicht nur für die Rehabilitation der Gesellschaft ein, sondern auch dafür, die Chicagoer Gemeinschafts-Studien als einen Input für Sozialreformen zu nutzen (vgl. Park 1924). Gerade in diesem Zusammenhang erwähnt er Studien von persönlichen Lebensgeschichten wie jene von Nels Anderson (1923) über Hobos, in welchen »the real significance of the community's social institutions is revealed as they are in no other way« (Park 1924: 268). Park forderte zweifelsohne die Produktion von objektivem und »wissenschaftlichem« Wissen ein, allerdings hatte er eine Form von Wissen vor Augen, das in einer verständlichen Form präsentiert wird, um wissenschaftliche Aufklärung zu ermöglichen. Sozio-

logie war in dieser Perspektive ein Katalysator für wissenschaftliches Wissen im Dienste der Gesellschaft.

Um die chaotische Entwicklung von Großstädten zu verstehen, müssten »natürliche Gebiete« (*natural areas*) untersucht werden, wie sie Park später nannte. Ein natürliches Gebiet stellt eine Untersuchungseinheit dar, die sich von dem »künstlich« definierten kulturellen und politischen Gebiet unterscheidet: »A region is called a ›natural area‹ because it comes into existence without design, and performs a function, as in the case of the slum, that may be contrary to anybody's desire. It is a natural area because it has a natural history« (Park 1929: 9). Jede Stadt hat Park zufolge diese segregierten Gebiete in Gestalt von Geschäftsbezirken, Wohngebieten, Satellitenstädten, Slums und bestimmten Einwanderergebieten. Planung in der Gesellschaft stellte für Park einen Versuch dar, die ökologische Basis der Gesellschaft zu lenken. Aber gerade das erweist sich als schwieriger als erwartet: »Cities are always getting out of hand. The actual plan of the city is never a mere artifact, it is always quite as much a product of nature as of design« (Park 1925a: 674). Harvey Zorbaugh, einer von Parks Studenten, beobachtete auch, dass

»the city is curiously resistant to the fiat of man. Like the robot, created by man, it goes its own way indifferent to the will of its creator. Reformers have stormed, the avaricious have speculated, and thoughtful have planned. But again and again their programs have met with obstacles. Human nature offers some opposition; traditions and institutions offer more; and – of especial significance – the very physical configuration of the city is unyielding to change« (Zorbaugh 1926: 188).

Im Verständnis der Chicago School stellen die moderne Stadt im Besonderen und damit auch die moderne Gesellschaft im Allgemeinen ein teilweise natürliches Phänomen dar (vgl. Groß 2004). Aus dieser Perspektive arbeiten die menschliche Natur und die physikalische Umwelt mit der menschlichen Kultur zusammen – oder gegen sie. In seinem Artikel »The City« (1915) erklärte Park:

»Much of what we ordinarily regard as the city – its charters, formal organization, buildings, street railways, and so forth – is, or seems to be, mere artifact. But these things in themselves are utilities, adventitious devices which become part of the living city only when, and in so far as, through use and wont they connect themselves, like a tool in the hand of man, with the vital forces resident in individuals and community« (ebd.: 578).

Indem Park die »natürliche« Seite der Stadt in die soziologische Analyse integriert, betont er die Eigendynamik der modernen Gesellschaft, die aus den

modernen Mitteln der Planung und Produktion hervorgeht. Jeder menschliche Plan, der einmal in Umlauf gebracht wurde, wird faktisch in der Gesellschaft getestet. Die Besonderheit von ›natürlichen Gebieten‹ besteht nun darin, dass sie einerseits vom Menschen geschaffen werden, sich aber andererseits ›natürlich‹ bzw. unabhängig von menschlicher Kultur zu entwickeln scheinen: Die Gesellschaft richtet sich dann gegen ihre eigenen Planungen.

Park entwickelt hier einen Ansatz, in dem die gesellschaftliche Dynamik immer in Abhängigkeit von ihrer materiellen Umwelt erklärt wird. Alle Materialien und Güter, die für das Überleben der Stadteinwohner notwendig sind, sind also unbedingte Voraussetzung auch für die Existenz der Stadt selbst. Diese Untersuchungseinheit bezeichnete Park als ›natural areas‹ im chaotischen Stadtschunzel, sie sind Pole der Ordnung in einer ansonsten ungeordneten Welt. Allerdings sind diese Gebiete nur zeitweise stabil, und selbst dann in ihrer Entwicklungsrichtung immer ungewiss.

Die Perspektive von Park weist eine weitere Besonderheit auf: Wenn Park und Burgess beispielsweise von der »superstition of progress« (1972: 959) sprechen, lehnen sie den Glauben an wissenschaftliche Rationalität und technologische Erfindungsgabe ab. Sie ziehen es stattdessen vor, von gesellschaftlicher Fortbewegung (*societal locomotion*) anstelle von Entwicklung oder Fortschritt zu sprechen. Um diese »societal locomotion« einzugrenzen, schlägt Park vier ko-evolutionäre Variablen vor, die als unterschiedliche Aspekte einer Gesellschaft interagieren: (1) Bevölkerung, (2) Artefakte (technologische Kultur), (3) Sitten und Vorstellungen (*beliefs*) i.S.v. nicht-materieller Kultur, und (4) die natürlichen Ressourcen (Park 1936: 15). In seinem Verständnis beruht die Existenz des gesamten gesellschaftlichen Lebens auf zwei analytischen Ordnungen. Erstens gibt es die *kulturelle Ordnung*, die menschliches Planen und das Bewusstsein menschlicher Handlung umfasst, und zweitens existiert die *ökologische Ordnung*, die häufig Pläne durchkreuzt und diese in eine andere Richtung lenkt. Für die kulturelle und soziale Ebene bildet alles Materielle die Basis:

»[...] the biotic community and the ecological organization in which man finds himself involved in competition and co-operation with all other living organisms. Thus we may represent human society as a kind of cone or triangle, of which the basis is the ecological organization of human beings living together in a territorial unit, region, or natural area« (Park 1939: 23).

Die natürliche Ordnung, auf die sich Park in diesem Zusammenhang bezieht, ist eine Ordnung ohne bewusste menschliche Gestaltung. Daher könnte Wettbewerb hier einfach als Erproben oder Testen der Umwelt verstanden werden, bei dem der Mensch das Ergebnis abwartet und dieses da-

raufhin beurteilt, ob es für seine Zwecke erfolgreich war oder nicht. Der menschliche Plan kann sich bewähren oder in eine andere Richtung führen, manchmal sogar ganz zum Gegensatz der ursprünglichen Idee.

Diese sozialen Bewegungsprozesse verschiedener Einwanderergruppen in der Großstadt wurden im Anschluss an die frühen Versuche Smalls und Vincents von Burgess weiterentwickelt.<sup>19</sup> Burgess argumentierte, dass moderne Städte dann, wenn sie sich in Gebiet und Bevölkerung ausbreiten, in spezifische Bezirke ausdifferenzieren, die in der Form konzentrischer Ringe (*concentric zoning*) angeordnet sind. Die Perspektive der konzentrischen Zonierung von Burgess beruht auf einer funktionalen Aufteilung der Raumnutzung in der Stadt, die sich um einen Geschäftsbezirk im Zentrum gruppieren (vgl. z.B. Burgess 1926, 1930). Auch Park (1926a: 7) meinte, »the city tends to take the form of a series of concentric circles. These different regions, located at different relative distances from the center, are characterized by different degrees of mobility of the population.« Park und seine Kollegen verwendeten das Modell der konzentrischen Zonierung als Mittel, um die Fortbewegung der Stadtentwicklung sichtbar zu machen, die sie bemerkenswerterweise als natürliches Phänomen betrachteten.

Bei der Ausarbeitung der Idee der Ko-Evolution der oben diskutierten vier verschiedenen Variablen versuchte Park, sowohl das Natürliche als auch das Kulturelle in seine Sichtweise der Stadt als Labor einzubauen. In diesem Kontext betonte er oft die Komplexität sozialer Beziehungen in modernen Gesellschaften, die auch neuartige Möglichkeiten eröffneten (vgl. z.B. Park 1915: 608). Genau das ist es in den Augen von Park, »which justifies the view that would make the city a laboratory or a clinic in which human nature and social processes may be most conveniently and profitably studied« (ebd.: 612). In der überarbeiteten Fassung seines Klassikers »The City« stellt Park fest: »[T]he city, especially the great city, in which more than elsewhere human relations are likely to be impersonal and rational [...] is in a very real sense a laboratory for the investigation of collective behavior« (Park 1925b: 31). In dem Verständnis von Park ist die Entwicklung der Stadt und der Gesellschaft im Ganzen eng mit Prozessen verbunden, die »experimentell« zu einem besseren Gesellschaftsverständnis führen. Das Verhältnis von kulturellen und natürlichen Ebenen – die Gegenüberstellung und wechselseitige Unterscheidung von Gegensätzen, die trotzdem zu einem Komplex gehören, der Gesellschaft genannt wird – ist eines der Schlüsselpunkte in der Sichtweise von Park. Soziologen erhalten darin die

19 | Zu Parks Versuchen, sich mit der Geographie »vertraut« zu machen, und zu seinen Studien bei Alfred Hettner an der Universität Heidelberg vgl. Groß (2001: Kap. 5), Lindner (1990: Kap. 2) und insbesondere EntriKin (1980).

Aufgabe, diese Interaktionen, die Entwicklungen und die Diffusion von neu gewonnenem Wissen in die weitere Gesellschaft zu beobachten.

1929 erschien ein Band mit dem Titel »Chicago: An Experiment in Social Science Research«, in dem die Herausgeber Thomas Smith und Leslie White zwölf Artikel sammelten, in denen Forschung über und in der Stadt Chicago dargestellt wurde. In dem Leitartikel »The City as a Social Laboratory« beschreibt Park die Stadt als »the natural habitat of civilized man«. Für ihn ist es die Stadt, welche die moderne Gesellschaft am konsistentesten repräsentiert und die moderne Welt am erfolgreichsten reproduziert. Er fährt mit der Feststellung fort:

»If the city is the world which man created, it is the world in which he is henceforth condemned to live. Thus, indirectly and without any clear sense of the nature of his task, in making the city man has remade himself. It is in some such sense and in some such connection as this that we may think of the city as a social laboratory« (Park 1929: 1).

Die Stadt »magnifies, spreads out, and advertises human nature in all its various manifestations. [It is] of all places the one in which to discover the secrets of human hearts, and to study human nature and society« (ebd.: 19). In dem Vorwort zur Monographie »The Hobo« von Anderson stellt Park fest: »If it is true that man made the city, it is quite as true that the city is now making man« (Park 1923: v). Die Soziologie ist für Park dabei, eine experimentelle Wissenschaft zu werden. Weiter schreibt er:

»Experiments are going on in every field of social life, in industry, in politics, and in religion. In all these fields men are *guided* by some implicit or explicit *theory* of the situation, but this theory is not often stated in the form of a hypothesis and subjected to a test of the negative instances« (Park/Burgess 1921: 45, unsere Hervorhebung).

In diesem Zusammenhang führt Park die Idee von Small weiter aus, dass die Gesellschaft selbst dabei ist, soziale Experimente zu entwerfen. Auf der einen Seite verdeutlicht er ähnlich wie Small, dass »the amount of experimentation in the field of social life probably greatly exceeds that in any other field of human activity« (Park 1926b: 414), aber er spricht auch von den soziologischen Versuchen, selbst Experimente durchzuführen. Park glaubt, dass die menschliche Gesellschaft in der Großstadt wie durch ein Teleskop untersucht werden könne. Das Teleskop als Werkzeug kann dem beobachtenden Soziologen wiederum nur durch die Gesellschaft selbst zur Verfügung gestellt werden. Und erneut ist es die Stadt, die den besten Platz dafür bietet, den experimentellen Geist der Gesellschaft zu beobachten und auch zu unterstützen. Aber Experimentieren bedeutet für Park mehr als einfach

nur ›Versuch und Irrtum‹, da die Theorie und die Gestaltung der Handlung im Zentrum stehen. Genau diese Wendung hin zu einem Realexperiment, das in allen Feldern der Gesellschaft durchgeführt wird, verleiht den Ausführungen von Park seine besondere Bedeutung. In dieser Perspektive hat sich die moderne Gesellschaft *selbst* in einen Ort verwandelt, der den Soziologen für seine Untersuchungen als Labor dient. Bereits in seinem frühen »analysis of and participation in the Tuskegee experiment« (Lyman 1992: 11) nennt Park ein Programm für schwarze Bauern zur Verbesserung landwirtschaftlicher Methoden selbstverständlich »one detail of an experiment in social upbuilding« (Park 1908: 826). Später vertrat er die Ansicht, dass das Stadtleben die menschliche Gesellschaft in all ihren Facetten gleichzeitig repräsentiere – etwas, das Forscher, die isolierte Stämme in abgelegenen Orten untersuchen, äußerst selten antreffen (Park 1915; siehe aber Weatherly 1923). Mit der Weiterführung dieses Typs von Experiment wird der Soziologe als Experimentator in zunehmendem Maße an komplexen Akteursnetzwerken teilnehmen, die in institutionelle und natürliche Umwelten eingebettet sind. Das, was die Ideen Parks von denen seiner Vorgänger unterscheidet, ist seine Annahme, dass der Forschungs- und Reformprozess in Analogie zum evolutionären Wandel organisiert werden kann, der auch den Ort der Soziologie in der Gesellschaft bestimmt. Nach Meinung von Park und seinen Kollegen ist es die Anwendung von neu gewonnenem soziologischen Wissen, die es dem beobachtenden Soziologen ermöglicht, etwas über die Grundlagen der Gesellschaft zu erfahren. Aus dieser Perspektive können die Produktion von soziologischem Wissen und seine Anwendung in der Gesellschaft nicht als voneinander losgelöst betrachtet, sondern müssen als wechselseitig abhängig verstanden werden. Die Soziologie selbst ist dann ein elementarer Bestandteil dieses Experimentes, da sie immer Teil derjenigen Realität war und sein muss, die sie zu erklären versucht. Diese Radikalisierung eröffnet einige wichtige theoretische Bezüge zu soziologischen Ansätzen der Gegenwart, denen wir uns in Kapitel 3.4 zuwenden.

Zum Ende der 1930er Jahre verlor die Idee der Chicagoer Schule der Soziologie zum Experimentieren in der Gesellschaft an Bedeutung und machte einer eher an die Naturwissenschaften angelehnten Vorstellung des Experiments Platz. Eine hieraus hervorgegangene Strömung in der amerikanischen Sozialwissenschaft ist das Programm der Experimentiergesellschaft nach Campbell. Campbell und seine Mitstreiter sprechen zwar einige für das Konzept der Realexperimente wichtige Punkte an, so zum Beispiel die klar politische und normative Stoßrichtung von Experimenten mit und in der Gesellschaft – ihr Ansatz bewegt sich aber in mancherlei Hinsicht von den soziologischen Arbeiten des frühen 20. Jahrhunderts weg, da hier wieder der Versuch unternommen wird, sich methodologisch an einen von



den Laborwissenschaften entlehnten Verständnis von Experiment anzulehnen. Diesem Ansatz widmen wir uns im folgenden Abschnitt.

### 3.3 Sozialexperimente und die Experimentiergesellschaft

Beeinflusst von John Deweys Experimentbegriff und seiner Rede von ›Sozialexperimenten‹ begann Donald T. Campbell (1916-1996) seit den späten 1950er Jahren erneut über die Möglichkeit nachzudenken, die Logik des Labors auf die Gesellschaft auszuweiten – dies jedoch nicht, ohne ausführlich die Probleme und Herausforderungen von Experimenten außerhalb der Laborsituation zu diskutieren (z.B. Campbell 1957). Campbell wurde hierdurch schnell zu einer wichtigen Figur für die Entwicklung von Sozialexperimenten in den USA. Wenngleich seine Vorstellungen eine deutlich politische und reformerische Färbung hatten, sprach er, nachdem er die Zusammenarbeit mit dem Statistiker Julian C. Stanley begonnen hatte, meist von »Quasi-Experimenten« (vgl. Campbell/St Stanley 1963). Solche Quasi-Experimente waren in ihrer Konzeption recht verschieden von den oft salopp eingestreuten Bemerkungen Deweys zur experimentellen Methode. In Campbells Auffassung und der seiner Schüler wurde der Gedanke verfolgt, dass sozialreformerische Maßnahmen und Eingriffe experimentell evaluiert werden müssten (vgl. Cook/Campbell 1979). Campbell bemängelte, dass der Einsatz randomisierter Kontrollgruppen in den Sozialwissenschaften bis dahin nicht konsequent genug durchgeführt worden sei. Als Reaktion hierauf veröffentlichten 1974 Riecken et al. verschiedene Bibliographien, die bisher durchgeführte »randomisierte Feldexperimente« aus so verschiedenen Bereichen wie der Sozialarbeit, Pädagogik, Massenkommunikation, *public health* oder der Kriminalistik auflisteten (Riecken et al. 1974). Etwas später zählte Campbells Schüler Robert Boruch 350 randomisierte Feldexperimente, die in den USA seit den 1960er Jahren durchgeführt wurden (Oakley 2000: 244). Entsprechend wurden die 1950er und 1960er Jahre in den USA im Rückblick als goldenes Zeitalter der experimentellen Evaluation gewertet. In diesem Ansatz werden bestimmte Gruppen in der Gesellschaft einer Behandlung ausgesetzt, der eine andere Gruppe nicht ausgesetzt ist. Dieses Verständnis und der Einsatz von Experimenten, der sich zumindest implizit am Idealtypus des naturwissenschaftlichen Laborexperimentes orientierte, blieb in der europäischen Soziologie und in den meisten anderen Sozialwissenschaften weitgehend unbeachtet.

Campbells und Stanleys einflussreiches Buch über »Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research« (1963) und insbesondere Campbells klassisches Papier »Reforms as Experiments« (1969) etablierte jedoch

eine explizite Verbindung zwischen Sozialreform und dem Einsatz von experimenteller Gestaltung.<sup>20</sup> Was Campbell und Stanley in den frühen 1960er Jahren festlegten, war, dass in Quasi-Experimenten ein Experimentator keine komplette Kontrolle über das Objekt des Experiments haben kann und auch nicht zu haben braucht. Eine vollständige Kontrolle, mittels der Eingriffe und Messungen zu einer optimalen statistischen Aussage führen, waren nicht das Ziel. Als Quasi-Experiment wurde der Teil der Forschung betrachtet, in der Variablen beeinflusst werden können und ihre Auswirkungen auf andere Variablen beobachtbar sind (vgl. Campbell/Stamley 1963; Cook/Campbell 1979). Diese Experimente erlaubten zwar nur selten zufällige Veränderungen verschiedener Einflussfaktoren, doch konnten mit ihrer Hilfe gezielte Interventionen unternommen werden, die Kausalitäten beschreiben und verständlich machten. Auch wenn diese Form der ›Sozialexperimentierung‹ bereits in den frühen 1970er Jahren ihren Höhepunkt erreichte, so spielen sie doch weiterhin in vielen Bereichen der Politikberatung in den USA eine bedeutende Rolle. Die Errungenschaften des am engsten aufgefassten Begriffs des Sozialexperiments mit randomisierten Gruppen können mittlerweile auf die lange Erfahrung bauen, wodurch, wie Cook (2004) berichtet, die Ausdehnung randomisierter Experimente auf die soziale Ebene außerhalb des Labors heute mehr politisches Vertrauen genießt als noch vor zehn Jahren. Aus methodologischer Sicht wurden sie aber immer als minderwertige Abwandlung des Laborexperiments angesehen.

Der politische Hintergrund von Campbells Experimentiergesellschaft waren die Reformprojekte von John F. Kennedys »New Frontier« und insbesondere von Lyndon B. Johnsons »Great Society«. In Johnsons »Krieg gegen die Armut« wurde ein nationales Projekt begonnen, das neben der Armut auch ethnische Segregation, den Niedergang der Innenstädte und zunehmende Arbeitslosigkeit mithilfe sozialwissenschaftlicher Expertise stoppen sollte. Hier stand Campbells Konzept der »Experimentiergesellschaft« auf dem Plan, mit dem politische Programme zur Verbesserung von Missständen entworfen und getestet werden sollten. In diesem Sinne war die breitere Gesellschaft der Experimentierraum für die Wirkung politischer Reformprogramme. So verstanden bedeutet ein Lernprozess in der Politik, dass er auf sozialwissenschaftlicher Objektivität ruhen muss. Die Kritik an einer solchen Rollenzuschreibung der Sozialwissenschaften ließ nicht lange

**20 |** Experimente auf einem breiteren gesellschaftlichen Level wurden neben Campbell und seinen Schülern (insbesondere Thomas D. Cook) seit dem späten 20. Jahrhundert auch als »Income Maintenance Experiments« (IME) von der Gruppe um David Greenberg durchgeführt, welche eine neue Kooperation zwischen Sozialwissenschaft und Politik propagierten (vgl. Greenberg et al. 2003).

auf sich warten. Von vielen Kritikern wurde Campbells Ansatz zwar als gut gemeint betrachtet, in seiner Durchführung jedoch als zu technokratisch verstanden. Genau genommen würde eine Experimentiergesellschaft im Sinne Campbells bedeuten, dass der Alltag potentiell jeden Bürgers als technokratisch programmiert und kontrolliert verstanden werden kann.

Im Gegensatz zu Campbells und seiner Nachfolger Vorstellung einer »Experimentiergesellschaft« soll das Konzept der Realexperimente jedoch einen Weg vorzeichnen, auf dem die betroffene Öffentlichkeit nicht in der Rolle des auf die Experimentalanordnung reagierenden und sich anpassenden Objekts verweilt, sondern als »vollwertiger Teilnehmer« auch die Initiative zum Aufbau von Experimenten ergreifen kann. Hierzu kehren wir im folgenden Abschnitt noch einmal zur Soziologie des 20. Jahrhunderts zurück, um damit an in die aktuelle Diskussion um die Wissensgesellschaft anzuknüpfen.

### 3.4 Gesellschaft im Selbstexperiment: Experimentelle Wissensgesellschaft

Mit den Kritikpunkten am Konzept von Campbells Experimentiergesellschaft wird die Frage aufgeworfen, ob nicht doch der Ansatz der frühen Sozialwissenschaft heute noch hilfreich sein kann, die demokratischen Voraussetzungen für realexperimentelle Prozesse zu bestimmen. Wir glauben: ja. Nicht zuletzt neuere Diskussionen um eine Wissens- und Risikogesellschaft entwerfen ein Bild der Gesellschaft als Labor (Beck 1988: 200-209; Krohn/Weyer 1989; Pöferl 2000), das an die Überlegungen der vorangegangenen Abschnitte erinnert.<sup>21</sup> In diesen Konzepten wird das Labor als eine neuartige Form von Innovation begriffen, in der wissenschaftliche Forschung in zunehmendem Maße die institutionellen Grenzen zwischen Wissenschaft und Gesellschaft aufhebt. Der Ausdruck »Wissensgesellschaft« spielt nicht nur auf die ständig zunehmende Verwendung von wissenschaftlichem Wissen an, sondern auch auf die Produktion und Rekombination von verschiedenen Arten von Wissen in neuen Konstellationen der Wissensarbeit (vgl. Heidenreich 2003; Stehr 2000). Die Wissensgesellschaft zeichnet sich aus dieser Perspektive insbesondere dadurch aus, dass Normen und Konventionen häufiger durch Entscheidungen ersetzt werden,

**21** | Hierzu lässt sich auch Bruno Latours oft zitiertes Stichwort vom »Experiment von und mit uns allen« zählen (Latour 2004) – ohne Referenz auf lange vorhandene Ansätze. Latour belässt seinen Experimentbegriff zudem in einer recht metaphorischen Form, sodass bei ihm Experiment ein Synonym mit Entwicklung, »trial and error« oder einfach Veränderung wird.

die auf Wissen und situationsspezifischen Gegebenheiten basieren. Gleichzeitig operieren die Produzenten von Wissen in nicht-wissenschaftlichen Umwelten. Dadurch, dass neues Wissen immer auch die Möglichkeit eröffnet, neues Nichtwissen zu erkennen und besser zu bestimmen, wird Unsicherheit zu einem der Schlüsselmerkmale der Wissensgesellschaft. Das Experimentieren unter Unsicherheit wird höchstwahrscheinlich eine der bestimmenden Eigenschaften von Entscheidungen in den Gesellschaften der Zukunft. Selbst wenn die Schauplätze der Entscheidungsfindung nicht die traditionellen Orte der Wissenschaft sind, importieren und verwenden sie doch Methoden der Untersuchung und Forschung. Zu diesen zählen das konzeptionelle Modellieren von komplexen Situationen, die Computersimulation von möglichen Zukünften und Realexperimente, die dabei – möglicherweise – als ertragreichste Option erscheinen. Die Wissensgesellschaft würde dann auf eine Gesellschaft hinauslaufen, die auf Experimenten außerhalb des Wissenschaftsbereiches aufbaut. Es ist genau dieses Verständnis von Experiment, das dem von Robert Park entspricht: Das Experiment findet in der Gesellschaft statt und wird – eventuell noch wichtiger – von der Gesellschaft selbst durchgeführt.

Die frühen Chicagoer Soziologen wiesen auf den allgemein zunehmend experimentellen Charakter des modernen sozialen Lebens hin. Wenn Park und seine Kollegen die Stadt als ein Experiment kennzeichnen, dann meinen sie nicht die Experimente von Stadtplanern oder Sozialarbeitern, die die Gesellschaft als Objekt ihrer Studien behandeln; stattdessen betonen sie den experimentellen Charakter sozialen Handelns und der gesellschaftlichen Entwicklung, die in letzter Konsequenz die Form eines Experimentes mit offenem Ende annimmt. Wissensgesellschaft wäre dann eine Gesellschaft des Selbst-Experimentierens (vgl. Krohn 2001). In diesem Verständnis verwandelt die experimentelle Natur der Gesellschaft den evolutionären Prozess oder, in den Worten von Park, die Naturgeschichte in eine institutionalisierte Strategie, die alle Arten von politischen, kulturellen oder ästhetischen Komponenten einschließt. Das Verständnis der experimentellen Gesellschaft würde dann das Konzept der Wissensgesellschaft dahingehend erweitern, dass sie als Gesellschaft verstanden wird, die auf experimentellen Praktiken aufbaut, die nur teilweise modelliert und simuliert werden können. Ihre Ergebnisse sind nicht voraussagbar und lassen sich besser als Prozesse ständigen Anpassens denn als endgültige Lösungen charakterisieren. An dieser Stelle erscheint noch wichtiger, dass die Soziologie mit dem Experimentbegriff der Chicagoer Schule über ein Konzept verfügt, das als Verbindung zwischen Materiellem oder Natürlichen und dem Sozialen weiterentwickelt werden könnte. Auch persönliche Handlungen sind Teil des rekursiven Lernens durch Experimentieren, da sie das Verständnis von dem verbessern können, was Menschen tun, und dessen, was sie für die Zukunft

planen. Das Bild der Gesellschaft, die mit sich selbst experimentiert, setzt nicht alle anderen Konzeptionen von Gesellschaft außer Kraft – es leistet jedoch einen angemessenen Beitrag im Hinblick auf die Komplexität und Unsicherheit sozialen Handelns.

Noch offen bleibt die Frage nach der Rolle der Soziologie. Auf den ersten Blick erscheint eine experimentelle Soziologie, also eine Soziologie, die sich mit Experimenten in der Gesellschaft auseinander setzt, zu passiver Beobachtung verurteilt. An dieser Stelle sind jedoch verschiedene Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Erstens hat unser Überblick gezeigt, dass Soziologen mit dem Beginn der amerikanischen Soziologie die Sprache des Experimentierens in die Gesellschaft eingeführt haben. Tatsächlich gibt es keine experimentelle Praxis ohne ihre reflexive Beschreibung als Experiment in Begriffen wie Aufbau, Gestaltung, Datensammlung und Interpretation von Effekten. In diesem Sinne haben Soziologen versucht, die Gesellschaft zu ›lehren‹, wie sie von Experimenten lernen kann.

Von einem methodologischen Gesichtspunkt aus gesehen ist das, was letzten Endes ein Experiment in der realen Welt von dem im Labor unterscheidet, der Mangel an Kontrolle der Randbedingungen und der Variation von Parametern. Soziologen ist es offensichtlich nicht einfach möglich, die wichtigsten Grenzen eines Experimentes festzulegen, aber auch die deutliche Abgrenzung zum ›Nicht-Experiment‹ zu definieren. Stattdessen haben sie Entscheidungen zu übernehmen, die von verantwortlichen politischen Körperschaften gefällt und durch legislative oder andere institutionelle Maßnahmen in Kraft gesetzt werden. Solche Entscheidungen können daher als Bedingung eines Eingriffs verstanden werden, zu welchem alle Auswirkungen kausal in Beziehung gesetzt werden können. Realexperimente, wie wir sie hier verstehen, sind innerhalb eines Kontinuums zwischen Kleingruppen-Labor-Experimenten und Feldarbeit unter höchst kontingenten und variablen Bedingungen anzusiedeln. Sicherlich weisen die am besten kontrollierbaren Gruppenexperimente, wie beispielsweise in Heimen, ebenfalls Charakteristika von Realexperimenten auf, da die Manipulation von Subjekten oder ›Opfern‹ rechtliche, ethische und kommunikative Grenzen hat.

Dies führt zu einem weiteren Punkt, dem Einbezug von Teilnehmern. Der Standardmethode von Experimenten zufolge müssen Experimentator und das experimentelle Setting oder System strikt getrennt werden. In Realexperimenten kann diese Methode jedoch nicht eingehalten werden. Bis zu einem bestimmten Maße sind alle sozialen Gruppen von den Planern bis hin zu den Beteiligten teilnehmende Beobachter. Es gibt eine große Vielfalt an methodologischen Modellen, um partizipatorische Strategien auszuhandeln und durchzuführen (vgl. Köberle et al. 1997; Renn et al. 1995; Vorwerk 2001). Diese tragen alle dem Sachverhalt Rechnung, dass sich soziologische

Experimente prinzipiell von naturwissenschaftlichen experimentellen Methoden unterscheiden.

Schließlich ist das Erkenntnisinteresse von Realexperimenten zu klären. Es ist festzuhalten, dass ein rein wissenschaftlich motiviertes Interesse nicht ausreichen würde, um auch nur ein einziges Realexperiment zu legitimieren. Jedoch schließt dies nicht aus, dass das wissenschaftliche Erkenntnisinteresse zumindest teilweise mit öffentlichen Interessen abgestimmt werden kann. Es gibt zwar keine allgemein gültigen Lösungen, um divergierende Interessen zu koordinieren und die verschiedenen Formen der Legitimation zu vereinbaren. Jedoch kann immer ein gewisser Spielraum geschaffen werden, um Rahmenbedingungen für die öffentliche Teilnahme an kollektiven Lernprozessen zu schaffen und die Formen der wissenschaftlichen Expertise, Beobachtung und Auswertung zu vereinbaren.

Der hier entfaltete Begriff des sozialen Experiments dient auch dazu, die Position des soziologischen Forschers zwischen Experiment und Beobachtung zu klären. Die entwickelte Perspektive hat nichts mit der Idee des Soziologen als Experimentator im ›weißen Kittel‹ zu tun. Stattdessen wurde davon ausgegangen, dass der soziale Wandel in modernen Gesellschaften zunehmend experimentelle Züge trägt, durch die Erfahrungs- und Lernbereitschaft unterstützt werden.

Dieses Kapitel ist als ein soziologischer Beitrag zu verstehen, eine Konzeption für die Beschreibung dieses selbst konditionierten, aber unkontrollierten Wandels zu entwickeln. Die frühen Chicagoer Soziologinnen und Soziologen – beginnend mit Albion Small und der Reformarbeit von Jane Addams bis hin zu den Ideen von Robert Park mit seinem Fokus auf die Stadt – trugen dazu bei, die begriffliche Basis für ein entsprechendes Verständnis des sozialen Wandels bereitzustellen. Der Ansatz, Gesellschaft durch das Medium des Experiments zu betrachten, verändert die soziologische Perspektive. In ihr gründet sich das Experiment nicht auf einem Forschungsdesign, sondern auf den innovatorischen Handlungen seiner Teilnehmer und auf den Strukturen, die von den Mitgliedern der Gesellschaft geschaffen wurden.

Zusammenfassend sind zwei Schlüsseleinsichten hervorzuheben, die für die in diesem Buch zu diskutierenden Fallstudien zentral sind: *Erstens* kann das Konzept des Experimentes, das hier vorgeschlagen wird, als eine strategische Intervention verstanden werden, durch die eine sich schnell entwickelnde Gesellschaft institutionelle Bedingungen des innovatorischen Handelns schafft. Allerdings kann die Gesellschaft die ›natürlichen Dynamiken‹ ihres Wandels nie vollständig kontrollieren. *Zweitens* setzt der Chicagoer Ansatz, die Stadt als gesellschaftliches Labor zu betrachten, den Soziologen als Beobachter und Akteur in die Mitte der experimentellen Praktiken. Produktion und Anwendung von soziologischem Wissen sind im fort-

laufenden Prozess rekursiven Lernens aufeinander bezogen. Diese Perspektive einer experimentellen Soziologie wurde in der Chicago School nicht als eine utopische Theorie oder als Entwurf für eine zukünftige Gesellschaft verstanden, sondern als ein soziologisches Mittel, um den experimentellen Charakter der Gegenwartsgesellschaft besser zu verstehen.

Mit den konzeptuellen Überlegungen aus den Kapiteln 2 und 3 im Hintergrund werden in den folgenden vier Kapiteln Fallstudien vorgestellt, in denen es um die konkrete Ausgestaltung experimenteller Praktiken geht. An zentraler Stelle stehen dabei (1) der Zusammenhang zwischen Wissensproduktion und Wissensanwendung, (2) die Koordination verschiedener Interessenlagen sowie (3) die rekursive Lerndynamik im experimentellen Vorgehen.



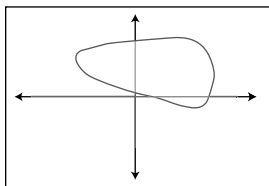


## 4. Rekursives Lernen in der Sackgasse:

### Viehzucht in der Savanne Tansanias

---

»Enterprises like Mkwaja may also be thought of as large-scale field experiments. They may not always yield the sort of results expected by their promotor, but provided adequate records are kept it should be possible to interpret what has happened. At Mkwaja the records are probably unique in East Africa« (Ford/Blaser 1971: 77).



Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde im Westen Tansanias die Ranch Mkwaja gegründet, um dort moderne Viehzucht nach europäischem Vorbild zu betreiben. In großer Entfernung von den wissenschaftlichen Zentren der industrialisierten Welt und mit begrenzten

Mitteln wurde hier ein radikaler Eingriff in ein komplexes, kaum verstandenes Umweltsystem vorgenommen. Mkwaja Ranch kann daher als Musterbeispiel dafür angesehen werden, wie Eingriffe geplant und durchgeführt werden, wenn über die Systemdynamik kaum etwas bekannt ist. Die Ranchgeschichte bietet eine einmalige Möglichkeit, jahrzehntelange, sorgfältig dokumentierte rekursive Lernprozesse über einen langen Zeitraum hinweg zu analysieren und dabei mehrfach durchlaufene Lernzyklen zu rekonstruieren.

Mkwaja Ranch unterscheidet sich in verschiedener Hinsicht von den übrigen Fallstudien, die in diesem Buch untersucht werden. Während alle anderen Fallstudien in der industrialisierten Welt angesiedelt sind, handelt es sich hier um eine ökologische Gestaltung in einem so genannten Ent-

wicklungsland. Mkwaja Ranch wurde von einem gewinnorientierten Unternehmen betrieben, konnte also nicht mit staatlichen Subventionen rechnen. Dementsprechend konnte die Ranch nur bestehen, solange sie ein Mindestmaß an Rentabilität aufwies. Für ausgedehnte wissenschaftliche Untersuchungen standen keine Mittel zur Verfügung. Innerhalb des Spektrums zwischen Wissenserzeugung und Wissensanwendung kann die Geschichte von Mkwaja Ranch daher schwerpunktmäßig auf der Seite der Wissensanwendung eingeordnet werden (vgl. Abb. 1.5 auf S. 26). Wissenschaftliche Untersuchungen wurden nur dann durchgeführt, wenn sie für die Zukunft der Ranch unabdingbar waren, oder wenn externe Forschungsgruppen die Ranch wegen ihrer einmaligen Bedingungen als Standort für eigene Forschungsprojekte nutzten.

Hätten die Initiatoren der Ranch von Anfang an gewusst, wie wichtig der Erwerb zusätzlichen Wissens werden würde, so wäre die Ranch vermutlich nie in Betrieb genommen worden. Sie gingen davon aus, die Ranch mit dem bereits bestehenden Wissen erfolgreich betreiben zu können, und zeigten eine dementsprechend geringe Bereitschaft, einen radikalen Strategiewechsel zu vollziehen. Mkwaja Ranch ist daher ein Beispiel für eine Gestaltung, die nicht von Anfang an überraschungsoffen (vgl. Kap. 1) konzipiert ist. Wenn die Geschichte der Ranch dennoch eine reichhaltige Fundgrube für rekursive Lernprozesse ist, so liegt dies daran, dass überraschende Ereignisse den Ranchbetreibern keine andere Wahl ließen. Auch auf Mkwaja Ranch wurde daher immer wieder neues Wissen erzeugt. Allerdings wurde dieses Wissen nur selten nach außen getragen, z.B. in Form wissenschaftlicher Publikationen. Der Austausch von Wissen mit der ›Außenwelt‹ erfolgte daher fast ausschließlich von außen nach innen und nicht umgekehrt: Ohne technisch-wissenschaftliche Innovationen, z.B. in Form neuer Medikamente oder Pestizide, hätte die Ranch nicht mit ›industrieller‹ Intensität betrieben werden können. Diese hohe Abhängigkeit von außen hatte jedoch auch ihre Nachteile, da der Erfolg der Ranch davon abhing, dass moderne Produkte mit dem Erlös aus dem Ranchbetrieb gekauft werden konnten.

Mkwaja Ranch wurde von der schweizerisch-britischen Firma Amboni betrieben. Amboni war der größte Sisalproduzent Tansanias, und Tansania (damals noch als britische Kolonie Tanganyika) war nach dem Zweiten Weltkrieg der weltgrößte Sisalproduzent. Da die Nachfrage nach Sisal zu dieser Zeit ihr Maximum erreichte, machte Amboni große Gewinne. Gleichzeitig waren die Arbeiter auf den Sisalplantagen, welche die körperlich anstrengenden Arbeiten ausführten, nur unzulänglich mit Eiweiß versorgt. Die Amboni-Führung entschied daher, die Profite zu reinvestieren, um für die Arbeiter und ihre Familien hochwertige eiweißhaltige Nahrungsmittel zu erzeugen (Interview Ulrich Albers, Januar 2004).

Zur Auswahl standen damals einerseits Fischerei, andererseits Viehwirtschaft. Da Amboni als schweizerisch geprägte Firma wenig Erfahrung mit Fischerei hatte, erschien die Viehwirtschaft als geeignetere Option. Zur Debatte standen zwei verschiedene Typen von Standorten: einerseits in Küstennähe, andererseits im Hochland. Da die Sisalplantagen sich ebenfalls in Küstennähe befanden, entschied sich das Zentralmanagement für den Küstenstandort, um eine bessere Kontrolle über die Ranch zu haben. Dabei wurde bewusst ein gravierendes Problem in Kauf genommen, welches im Hochland nicht bestanden hätte: die bekannte Tatsache, dass das Flachland Tansanias in den so genannten »Tsetse-Gürtel« fällt, also jenes Gebiet, in dem Tsetsefliegen vorkommen. Da diese die so genannte Trypanosomiasis übertragen, die sowohl für Menschen als auch für Rinder tödlich sein kann, war es bis zum Zweiten Weltkrieg nicht möglich gewesen, in diesem Gebiet intensive Viehzucht zu betreiben.<sup>22</sup> Die Amboni-Führung nahm dieses Problem bewusst in Kauf, da sie davon ausging, der Trypanosomiasis mit Hilfe des neu entwickelten Medikaments Antrycide vorbeugen zu können. Die Entstehung von Mkwaja Ranch ist daher eng mit dem Technik-Enthusiasmus verbunden, der nach dem Zweiten Weltkrieg vorherrschte – mit der Annahme, durch moderne Technik fast alle Probleme lösen zu können. Aus diesem Glauben resultierte auch die Erwartung, dass die Ranch trotz erhöhter Ausgaben für Medikamente profitabel arbeiten würde (Interview Ulrich Albers, Januar 2004).

Nachdem die grundsätzliche Entscheidung für eine Ranch im Flachland getroffen worden war, wurde schließlich das Gebiet von Mkwaja in der Region Tanga im Westen Tansanias als Standort gewählt. Damit wurde eine irreversible Weichenstellung getroffen. Der gewählte Standort befand sich in der Nähe der Sisalplantagen und nahm eine Fläche von 462 km<sup>2</sup> ein. Das Land gehörte zunächst noch der Kolonialregierung und wurde von Amboni gepachtet; 1953 kaufte die Firma das Land. Vor Inbetriebnahme war das Land lange Zeit nicht bewirtschaftet worden, und nur wenige Menschen bewohnten diese Gegend. Daher musste zunächst die gesamte Infrastruktur errichtet werden: Häuser für die Arbeiter, Verwaltungsgebäude und Straßen. Darüber hinaus wurden Wassertürme errichtet und Dämme, um die Tiere mit Wasser zu versorgen. Da die Arbeiterschaft sowohl aus

**22** | Tsetsefliegen ernähren sich von Blut und übertragen dabei Krankheitserreger, die zur Gruppe der Trypanosomen gehören. Trypanosomen befallen Blut, Lymphe und innere Organe wie Leber und Milz (Kahn/Line 2003). Ziegen und Schafe entwickeln dabei eine fortschreitende Anämie, während die meisten Rinderrassen mit hohem Fieber und Abgeschlagenheit reagieren, was innerhalb weniger Wochen zum Tod führen kann. Zu den Folgeerscheinungen gehören Abmagerungen und verminderte Leistungsfähigkeit.

Moslems als auch aus Christen zusammengesetzt war, wurden auch eine Kirche und eine Moschee erbaut – wobei darauf geachtet wurde, dass beide Gebäude exakt dieselbe Fläche einnahmen, damit sich keine der beiden Gruppen benachteiligt fühlte (Interview Hans-Peter Ammann, Januar 2004).

Als die Ranch Anfang der 1950er Jahre ihren Betrieb aufnahm, rechnete niemand damit, dass außer der Trypanosomiasie weitere Probleme entstehen würden, welche die Profitabilität der Ranch gefährden könnten. Blickt man 50 Jahre später zurück, so zeigt sich – wie so oft –, dass alles ganz anders kam: Die Trypanosomiasie blieb ein ungelöstes Problem, und hinzu kam mit der Verbuschung ein weiteres Problem, an das niemand gedacht hatte. Im Folgenden soll daher die Ranchgeschichte anhand verschiedener Teilaspekte rekonstruiert werden, welche Einblicke in jahrzehntelange rekursive Lernprozesse geben: der Viehzucht in der Savanne; der Bekämpfung von Krankheiten; der Kontrolle von Tsetsefliegen und des Versuchs, die Verbuschung des Ranchgebiets unter Kontrolle zu bekommen. Anschließend wird die Frage diskutiert, welche Rückschlüsse der Fall von Mkwaja Ranch auf die Möglichkeiten und Grenzen rekursiver Lernprozesse erlaubt.

## 4.1 Mkwaja Ranch: Viehzucht als Herausforderung

Nachdem die grundlegenden Voraussetzungen für einen Ranchbetrieb geschaffen worden waren, ging das Management davon aus, dass die verfügbaren Mittel zur Vorbeugung der Trypanosomiasie wirksam sein würden und dass so eine profitable Viehzucht möglich wäre. Mit Hilfe dieser Profite aus der Viehzucht sollten sowohl die Bekämpfung der Tsetsefliegen als auch die Aufrechterhaltung der Weiden bezahlt werden (Ford/Blaser 1971: 71).

In der Annahme, die Trypanosomiasie in den Griff zu bekommen, setzte man auf Hochleistungsrinder, die sich durch drei Merkmale auszeichnen sollten: schnelles Wachstum, Robustheit und ein hohes Gewicht (AR 1957/58: 11).<sup>23</sup> Dabei kam vor allem zwei Rinderrassen eine besondere Bedeutung zu: einerseits einheimischen Zebu-Rindern, andererseits Boran-Rindern aus Kenia. Boran-Bullen wurden gezielt eingekauft, um ein höhe-

**23 |** Ein Großteil der folgenden Darstellung basiert auf den Berichten der Ranchmanager, die für die Leitung der Firma Amboni verfasst wurden. Für die Jahre von 1956/57 bis 1998/99 sind Jahresberichte vorhanden. Diese »Annual Reports« werden im Folgenden als »AR« abgekürzt. Die Berichte sind unveröffentlicht. Das Geobotanische Institut der ETH Zürich verfügt über Durchschläge der Originale.

res Gewicht zu erzielen, während die Zebu über die gewünschte Robustheit verfügten.<sup>24</sup> Durch gezielte Selektion sollten Kühe hervorgebracht werden, deren Kälber nach acht Monaten ein Gewicht von 120 kg aufwiesen.

*Abb. 4.1: Viehzucht auf Mkwaja Ranch*



Photo: Roland Cochard

Im Gegensatz zur Zucht orientierte sich die Haltung der Rinder zunächst an den afrikanischen Gepflogenheiten. Bis 1957 wurden die Rinder, wie es in Ost- und Südafrika üblich war, nachts in so genannten Bomas (oder Kraals) gehalten, wo sie vor wilden Tieren geschützt waren. In solchen Bomas sammeln sich jedoch große Dungmengen an, und nach heftigen Regenfällen standen die Tiere bis zu den Bäuchen im Schlamm. Außerdem bestand der Verdacht, dass die Bomas die Ausbreitung von Infektionskrankheiten begünstigten. Das Ranchmanagement sah sich daher genötigt, Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Im Sommer 1957 wurden so genannte

**24 |** Die Zebu-Rinder gehören zu denjenigen afrikanischen Rinderrassen, deren Produktivität auch unter Trypanosomen-Belastung erhalten bleibt. Diese Rinderrassen sind jedoch in Afrika wenig beliebt, da ihre Milchleistung deutlich niedriger ausfällt als die von Hochleistungsrassen. Versuche, durch gezielte Züchtung leistungsfähige und dennoch trypanotolerante Rassen zu schaffen, waren bisher wenig erfolgreich (Knoppe 2002: 22).

»Nachtkoppeln« eingeführt, 5 bis 10 Hektar große Gehege, die mit Stacheldraht umzäunt waren. Dort konnten sich die Tiere während der Nacht bewegen und sogar grasen. Außerdem konnten so die Tiere an einigen wenigen Punkten konzentriert werden, während die alten Bomas über die ganze Ranch verstreut gewesen waren (ebd.: 5).

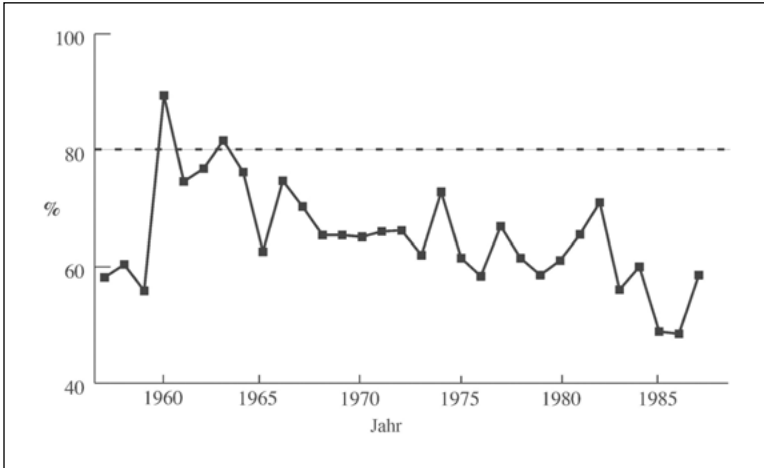
Im gleichen Jahr wurden, inspiriert durch Erfahrungen in Südafrika, auch verschiedene Zucht-Jahreszeiten eingeführt (ebd.: 9), durch die erreicht werden sollte, dass die Kälber jeweils zu Beginn der Trockenzeit geboren werden. Zu dieser Zeit – also nach Ende der Regenfälle – ist ausreichend frisches Gras vorhanden, sodass die Kühe genug Milch geben können.<sup>25</sup>

Während der ersten Betriebsjahre der Ranch bestand das Hauptziel darin, den Viehbestand auf 15.000 Rinder zu erhöhen. Durch einen massiven Zukauf von Rindern und erfolgreiche Zucht wurde dieses Ziel 1965/66 mit einem Bestand von 14.583 Rindern erreicht – dem höchsten Bestand während der gesamten Betriebsdauer der Ranch (vgl. Abb. 13 in That 2004: 57). Der wichtigste Indikator für das Management war die Kalbungsrate, die von einer Vielzahl steuerbarer und nicht steuerbarer Faktoren abhing und so den Erfolg des Managements widerspiegelte. Angestrebt wurde eine Kalbungsrate von 80 Prozent (Interview mit Ulrich Albers, Januar 2004); die tatsächlichen Raten lagen jedoch meist deutlich tiefer (vgl. Abb. 4.2). Um das angestrebte Ziel zu erreichen, wurden detaillierte Erhebungen durchgeführt. Dabei zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen verschiedenen Sektoren der Ranch und zwischen verschiedenen Herden. Diejenigen Herden, bei denen die Kühe künstlich befruchtet wurden, wiesen die höchste Kalbungsrate auf. Viele Kälber wurden auch bei denjenigen Herden geboren, bei denen die Zeugung im Mai erfolgte.

Ab 1959 wurde das bereits beschriebene System der Zucht-Jahreszeiten eingeführt, und eine systematische Registrierung der Geburten begann – mit durchschlagendem Erfolg (AR 1959/60: 9). Das Management erwartete nun, die Fruchtbarkeit in Zukunft noch weiter steigern zu können, doch stattdessen begann sie ab 1961 wieder abzusinken, ausgelöst zunächst durch ungünstige Wetterbedingungen: auf das trockenste Jahr in der Ranchgeschichte folgte das nasseste, und viele Kälber starben (AR 1961/62). Eine Salmonellose-Infektion sowie ein Ausbruch der Maul- und Klauenseuche reduzierten 1963 die Kalbungsrate. Diese beiden Krankheiten treten vor allem nach heftigen Regenfällen auf.

**25 |** Die Zucht-Zeiten lagen zwischen Mitte August und Ende Oktober (sodass die Kälber zwischen Mai und Juli geboren wurden) sowie zwischen März und Mai (mit Geburten zwischen November und Januar). Zwischen den Zucht-Zeiten konnten sich die Bullen erholen.

Abb. 4.2: Kalbungsrate



Daten: AR 1956-1988, aufbereitet von Pueng That. Die gestrichelte Linie steht für die angestrebte Kalbungsrate von 80 Prozent.

Zunächst wurde versucht, auf der Grundlage hoher veterinärmedizinischer Ausgaben maximale Einnahmen zu erzielen. Externe Einflüsse führten dazu, dass diese Strategie ab 1965 aufgegeben wurde: Die Kosten von Medikamenten (vgl. Kap. 4.2) hatten ebenso wie die Kosten für die Kontrolle der Verbuschung (vgl. Kap. 4.4) stark zugenommen. Der Handlungsspielraum des Managements wurde dadurch eingeschränkt, sodass neue Möglichkeiten gefunden werden mussten, um einerseits die hohe Zahl von Fehl- und Totgeburten zu reduzieren und andererseits die Kalbungsrate zu erhöhen. Diese beiden Probleme wurden in den Jahresberichten von 1964/65 und 1967/68 jeweils als zentrales Problem der Ranch erachtet (AR 1964/65: 1, 1967/68: 1). Zunächst wurde keine Erklärung für diesen Befund gefunden. Erst im Jahresbericht von 1968/69 wurde die Hypothese erwähnt, dass ein vorübergehend zu hoher Tierbestand zu einer Unterernährung der Tiere und einem Phosphormangel führen könne (AR 1968/69: 1). Erste Erfolge im nächsten Jahr deuteten darauf hin, dass diese Hypothese begründet war. Gleichzeitig wurde beobachtet, dass niedrige Kalbungsraten mit hohen Viehbeständen und dem Auftreten der Krankheit Salmonellose zusammenhingen (AR 1969/70: 1). Daher lag nun der Versuch nahe, die Gesundheit der Tiere durch eine Reduktion der Bestände zu verbessern. In den folgenden beiden Jahren verbesserte sich die Situation nicht, doch an der Strategie der Bestandsreduktion sollte so lange festgehalten werden, bis

sich Erfolge abzeichnen würden (AR 1970/71: 1; AR 1971/72: 1). Gleichzeitig wurde die bestehende Hypothese um weitere Nuancen bereichert. Das Augenmerk richtete sich nun zunehmend auf die Frage der Nährstoffversorgung (AR 1972/73: 1):

»There is only one reason and that is the low nutritional level in our breeding stock which is exposed to severe seasonal nutritional stresses mainly after calving, while maintaining a healthy calf and at the same time experiencing a fast deterioration of the nutritional value of the pastures due to dying out. Fast bush regeneration aggravated the problem even more. There is a rapid loss of weight and condition of the dam [Muttertier] which is responsible for an extension of the rebreeding period, in fact for missing entirely the next conception, which falls exactly into a time when nutritional stress is highest. The overall result is low productivity not only in cows but in heifers [Jungkühe] and fattening stock (oxen) as well« (AR 1972/73: 1).

Aus detaillierten Gewichts-Aufzeichnungen ging hervor, dass die Tiere nach einem Gewichtsverlust in der Trockenzeit wieder zunahmen. Mit Hilfe eines Feldexperiments wurde gezielt die Frage untersucht, inwiefern durch eine Verbesserung der Ernährungssituation eine bleibende Gewichtszunahme erzielt werden konnte. Dabei wurde eine Herde auf eine der Sisal-Plantagen gebracht, und ihr Gewichtszuwachs wurde mit der schnellstwachsenden auf der Ranch verbliebenen Herde verglichen. Während die Tiere auf der Plantage mit ihrer guten Nährstoffversorgung um 11,5 kg pro Monat zunahmen, wurde auf der Ranch im selben Jahr eine Zunahme um lediglich 6,5 kg pro Monat verzeichnet. Selbst die beste auf der Ranch je beobachtete Zunahme lag lediglich bei 8,2 kg pro Monat (ebd.).

Im Jahr 1973/74 wurde ein wichtiger Durchbruch erzielt. Dabei wurden drei Maßnahmen miteinander kombiniert: der weitere Abbau des Tierbestands, der Bau neuer Dämme zur Wasserspeicherung, und die Wieder-Behandlung von Tieren, bei denen erneut eine Trypanosomiasis-Infektion auftrat. Durch die ersten beiden Maßnahmen sollte die Nährstoffversorgung verbessert werden, während die dritte Maßnahme den Trypanosomendruck reduzieren sollte. Die Ergebnisse waren beeindruckend: Die Zahl der Todesfälle durch Salmonellose sank von 37 auf 22, und die Zahl der undiagnostizierten Todesfälle sank sogar von 210 auf 90. Gleichzeitig nahmen die Kalbungsraten leicht zu, und die Tiere sahen allgemein besser aus (AR 1973/74: 1).

In derselben Zeit wurden gezielte Untersuchungen vorgenommen, um die Nährstoffversorgung der Tiere optimieren zu können. Die Analyse von Gras- und Bodenproben deutete auf einen möglichen Mineralienmangel hin. Daher wurden der Lecke der Rinder gezielt Mineralien zugefügt. Weitere externe Untersuchungen zeigten 1970, dass Meersalz die Aufnahme



der Mineralien beeinträchtigte. Daher wurde die Zusammensetzung der Lecke an dieses neue Wissen angepasst, doch die Todesrate blieb hoch (Slade 1987: 5-6).

1988 übernahm ein britischer Manager die Ranch. Der enge Austausch, der vorher zwischen verschiedenen Manager-Generationen stattgefunden hatte, wurde dadurch unterbrochen. Angestrebt wurde nun, mit Hilfe moderner Medikamente wieder einen hohen Viehbestand aufzubauen. Aufgrund der erzielten Bestandszunahme wurden auch für die Zukunft hohe Bestände erwartet (AR 1991/92: 12; vgl. Kap. 4.2). Diese Strategie wurde allerdings bereits nach wenigen Jahren wieder aufgegeben, da sich die Schwierigkeiten sowohl mit der Verbuschung als auch im veterinärmedizinischen Bereich häuften. Zudem trat eine intensive Trockenheit auf (AR 1995/96: 1).<sup>26</sup> Ab Mitte der 1990er Jahre wurde der Viehbestand daher kontinuierlich abgebaut, bis die Ranch 2000 geschlossen wurde.

## 4.2 Der Kampf gegen Zecken und Krankheitserreger

Ein profitabler Ranchbetrieb war nur möglich, solange die Produktivität der Rinder hoch und die Sterblichkeit niedrig war. Daher wurde der Bekämpfung von Krankheiten von Anfang an eine große Bedeutung beigemessen. Zu Beginn stand das »Ostküstenfieber« im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit, eine Krankheit, die von Zecken übertragen wird. Eine Überraschung erfolgte im März 1957, als es zu einem heftigen Krankheitsausbruch kam, von dem auch gesund erscheinende Kühe betroffen waren. Erst nach drei Wochen wurde diese Krankheit als Ostküstenfieber erkannt – als sie sich schon über die ganze Ranch verbreitet hatte. Als immer mehr Tiere starben, entstand ein massiver Handlungsdruck, der rasche Maßnahmen erforderte. Innerhalb kurzer Zeit wurden daher Koppeln gebaut (vgl. Kap. 4.1) und die Tiere wurden mit Arsen behandelt. Diese Maßnahmen erwiesen sich als wirkungsvoll: Die Zahl der Todesfälle konnte drastisch reduziert werden.

Als die Krankheit ein Jahr später erneut auftrat, war man darauf vorbereitet: Statt der vermutlich 700 Todesfälle im Vorjahr wurden nun nur 15 Todesfälle verzeichnet. Das Management zeigte sich daher zuversichtlich: »We are sure that within the next years we will be able to have this disease completely under control, if not eradicated« (AR 1957/58: 13). Dieser Optimismus erwies sich insofern als begründet, als eine vergleichbare Fieber-epidemie während der späteren Ranchgeschichte nicht mehr auftrat. Eine

**26 |** Vermutlich hätten diese Schwierigkeiten vermieden werden können, wenn die Strategie der relativ kleinen Bestände fortgesetzt worden wäre, die der damalige Ranchmanager Blaser in den 1970er Jahren verfolgt hatte (vgl. Cochard 2004: 10).

andere von Zecken übertragene Krankheit, die Anaplasmose, blieb jedoch ein großes Problem.

Im Laufe der Zeit zeigte sich, dass die Kontrolle der Tsetsefliegen weit aus komplizierter war, als ursprünglich vermutet worden war (vgl. Kap. 4.3). Die von den Tsetsefliegen übertragene Trypanosomiasis wurde damit zu einem Problem. Zur Lösung gab es grundsätzlich zwei verschiedene Möglichkeiten: Einerseits die Trypanosomen als Krankheitserreger abzutöten, andererseits die Tsetsefliegen als Überträger der Trypanosomen zu bekämpfen. In den 1950er Jahren entschied sich das Management zunächst für die erste dieser beiden Möglichkeiten, da man vor dem Hintergrund des damaligen Wissens davon ausging, auf diese Weise mit relativ wenig Aufwand Erfolg zu haben (AR 1956/57: 9). Daher wurde ab 1954 das prophylaktisch wirkende Trypanozid<sup>27</sup> Antrycide verwendet, zunächst allerdings nur während problematischer Phasen, z.B. wenn den Tieren nur wenig Gras zur Verfügung stand, oder wenn die Zahl der Fliegen massiv zunahm (ebd.: 9). Entscheidungen mussten in der hier beschriebenen Situation auf der Grundlage »gewussten Nichtwissens« (vgl. Böschen/Wehling 2004) getroffen werden. Hier wurde also mit einem Wissen über die Begrenztheit des Wissens geplant und gehandelt. Bereits 1958 wurde die Verwendung von Antrycide jedoch stark ausgeweitet, sodass jedes Tier alle 60 Tage behandelt wurde. Nach acht Antrycide-Verabreichungen bekamen die Tiere zudem das hochwirksame Berenil<sup>28</sup> verabreicht, um Antrycide-resistente Trypanosomen zu bekämpfen (AR 1958/59: 13). Damit wurde bereits 1958 ein so genanntes »sanative pair« (heilkräftiges Paar) eingeführt, das aus einem Medikament mit Langzeitschutz sowie einem kürzer wirksamen, aber noch wirkungsvolleren Medikament bestand. Dies ist insofern bemerkenswert, als Knoppe (2002: 21) darauf verweist, das Konzept des »sanative pair« sei erst 1960 eingeführt worden. Dieses Beispiel zeigt, dass die Ranch vor dem Hintergrund des neuesten verfügbaren Wissens betrieben wurde und die Weiterentwicklung von Medikamenten sogar zum Teil selbst mit vorantrieb.

Die Antrycide-Verabreichung erwies sich bei den einheimischen

**27 |** Trypanozide sind Mittel, welche die Erreger der Trypanosomiasis abtöten. Sie können sowohl zur Vorbeugung als auch zur Behandlung der Krankheit eingesetzt werden, bleiben allerdings nur über eine relativ kurze Zeit wirksam. Antrycide war in den 1950er Jahren das erste Trypanozid, welches auf den Markt kam.

**28 |** Berenil ist ein äußerst wirkungsvolles Trypanozid, das auch heute noch verwendet wird. Da es im Organismus schnell abgebaut wird, kann es nur therapeutisch, nicht aber prophylaktisch eingesetzt werden. Seit 1960 verwendet man Berenil ergänzend zu dem länger wirkenden Trypanozid Samorin, um Resistenzprobleme zu vermeiden (Knoppe 2002: 21).

Zebu-Kühen als ausgesprochen wirkungsvoll – deutlich weniger als 1 Prozent der Kühe wiesen nun Trypanosomen auf, verglichen mit bis zu 9,3 Prozent in einer unbehandelten Kontrollgruppe. Diese Wirkung entsprach den Erwartungen. Ein ganz anderes Bild ergab sich bei den aus Kenia importierten Boran-Bullen, von denen zwischen 30 und 50 Prozent positiv getestet wurden. Dieser massive Unterschied wurde darauf zurückgeführt, dass die einheimischen Kühe sich im Laufe der Zeit an die Trypanosomen-Belastung adaptiert und eine gewisse Immunität ausgebildet hatten, während die kenianischen Boran aus einem Tsetsefliegen-freien Gebiet stammten (ebd.: 14).<sup>29</sup>

Eine besondere Schwierigkeit bei der Bekämpfung der Trypanosomiasis bestand darin, dass die befallenen Tiere von außen vollkommen gesund aussahen. Daher wurde den Bullen wöchentlich Blut entnommen. Wenn ein Tier befallen war, wurde es zunächst mit Ethidium<sup>30</sup> behandelt, doch resultierten in einigen Fällen tödliche Nebenwirkungen. Daher wurde als nächstes Antrycide-Sulfat verwendet, das sich jedoch nicht als wirkungsvoll erwies. Schließlich wurde auch hier Berenil eingeführt, welches im Gegensatz zu Antrycide nicht vorbeugend verwendet wird, sondern gegen einen bereits bestehenden Trypanosomen-Befall wirkt. Fast alle Tiere waren nach einer Verabreichung geheilt; die übrigen Tiere wurden zweimal behandelt (ebd.). Hier zeigt sich, wie einfaches rekursives Lernen dazu beitragen kann, allmählich wirkungsvollere Maßnahmen zu erarbeiten, ohne dass dabei unbedingt ein neues medizinisches Grundlagenwissen erzeugt wird.<sup>31</sup>

Damit bestand die Möglichkeit, die Trypanosomiasis relativ problemlos zu behandeln. Voraussetzung war allerdings, dass sie rechtzeitig diagnostiziert wurde. Selbst dann war damit zu rechnen, dass ein Tier Monate brauchte, um sich von der Krankheit zu erholen, und dabei 20 kg Gewicht verlor. Daher wurde die prophylaktische Verwendung von Antrycide fortgesetzt (ebd.: 13). Laut Herstellerangaben sollte Antrycide einen Schutz über zwei Monate gewähren. Während des Winters wurde sogar ein Schutz über vier Monate hinweg erwartet – doch kam es im Frühjahr 1959 zu einer weiteren Überraschung, als plötzlich wieder 7,5 Prozent der Rinder infiziert waren. Offenbar war Antrycide aufgrund von Resistenzbildungen wirkungs-

**29** | Trotzdem wurden noch jahrelang Boran-Bullen aus Kenia bezogen, um das Schlachtgewicht der Kühe durch Züchtung zu erhöhen.

**30** | Ethidium ist ein Trypanozid, welches nur in den 1960er und 70er Jahren eingesetzt wurde. Es erwies sich aufgrund von Resistenzbildungen als wenig effizient (Knoppe 2002: 20).

**31** | Die Betreiber der Ranch probierten lediglich verschiedene Medikamente aus, ohne mikrobiologische Untersuchungen durchzuführen, die Aufschluss über die Wirkungsmechanismen hätten geben können.

los geworden. Wurde jedoch zusätzlich Berenil verabreicht, so wurde wieder eine zufriedenstellende Wirkung erzielt. Insbesondere bei den Bullen erwies sich Berenil als wertvoll, weil sie dank Verabreichungen im Sechswochen-Rhythmus praktisch trypanosomenfrei gehalten werden konnten, während Antrycide wirkungslos blieb (AR 1959/60: 20).

Nachdem die Infektionsrate bis zum Sommer unter drei Prozent gesunken war, wurde die prophylaktische Behandlung aller Herden wieder aufgegeben. Lediglich dann, wenn die Infektionsrate in einem Sektor der Ranch auf über sechs Prozent anstieg, wurden alle Herden in diesem Sektor mit Berenil behandelt (AR 1961/62: 19). Indem immer weitere Erfahrungen gesammelt wurden, konnten somit flexible Regeln aufgestellt werden, welche die Effizienz der Krankheitsbekämpfung erhöhten.

Als die Fliegendichte erneut zunahm, wurde 1964 ein weiteres Feldexperiment gestartet. Dabei zeigte sich, dass das prophylaktische Medikament Samorin über 78 Tage hinweg zu 93 Prozent wirkungsvoll war, deutlich wirkungsvoller als Antrycide. Um die Entstehung von Resistenzen zu vermeiden, musste allerdings auch Samorin mit dem therapeutisch wirkenden Berenil kombiniert werden. Samorin und Berenil wurde von nun an bis zur Schließung der Ranch als »sanative pair« verwendet; die Verwendungshäufigkeit wurde dabei an die Fliegenpopulation angepasst. Diese Art der Prophylaxe wirkte so gut, dass Verluste nur unter denjenigen Tieren zu verzeichnen waren, die als experimentelle Kontrolle nicht behandelt wurden (AR 1964/65: 26). Durch kontinuierliches Ausprobieren der verfügbaren Wirkstoffe gelang es somit schrittweise, eine befriedigende Lösung zu finden.

Gleichzeitig wurden zwischen 1960 und 1980 langsam ein Wissen darüber erarbeitet, dass der Gesundheitszustand der Rinder durch eine Reduktion des Viehbestands deutlich verbessert werden konnte (vgl. Kap. 4.1). Da die Auswirkungen einer verbesserten Nährstoffversorgung auf die Tiere gezielt beobachtet wurden, richtete sich das Augenmerk nun vermehrt auf die Frage, welche Faktoren einen Einfluss auf die Krankheitsanfälligkeit der Rinder hatten. Dabei wurden auch immer wieder externe Berater herbeigezogen. Als besonders fruchtbar erwies sich die Zusammenarbeit mit dem deutschen Veterinärmediziner Lutz, der 1980 nach Mkwaja kam. Lutz gelangte zu dem Schluss, dass der Trypanosomiose eine Schlüsselrolle zukam: Sie war nicht nur für die meisten Tot- und Fehlgeburten verantwortlich, sondern reduzierte auch die Abwehrkräfte der Tiere. Damit begünstigte die Trypanosomiose auch das Ausbrechen weiterer Krankheiten wie Salmonellose, Pasteurellose und Haemonchose. Dies erklärte auch, warum die meisten Todesfälle während der Regenzeit auftraten, also während einer Zeit, wo eine gute Versorgung der Tiere mit Proteinen und Kohlenhydraten gewährleistet war: Während dieser Zeit gab es besonders viele Tsetseflie-

gen. Weitere Untersuchungen ergaben, dass ein Nahrungsmangel nur bei den Kälbern bestand, die zu früh von ihrer Mutter getrennt wurden. Damit war ein Querbezug hergestellt zwischen Trypanosomenbelastung und Nahrungsmangel einerseits und dem Auftreten von Krankheiten andererseits. Daher wurden die besonders leichten Kälber fortan zwei Monate länger gestillt (AR 1980/81: 23f.).

Ende der 1980er Jahre wurde das Verständnis des Zusammenhangs zwischen verschiedenen Viehkrankheiten weiter vertieft. Dabei zeigte sich, wie wertvoll langfristige systematische Beobachtungen auch ohne spezifische Vorabvermutungen sein können. Eine systematische Auswertung von Blutproben ergab, dass viele Tiere von Trypanosomen befallen waren, ohne erkennbare Symptome der Trypanosomiasis zu zeigen. Daraus konnte auch ohne Zuhilfenahme von Hypothesen gefolgert werden, dass die Wirkungsdauer des prophylaktisch wirkenden Medikaments Samorin nicht mehr wie früher drei Monate betrug, sondern nur noch drei bis vier Wochen. Das bedeutete, dass die Tiere bei der bestehenden Verabreichungshäufigkeit von Samorin mehrere Wochen lang nicht vor Trypanosomen-Infektionen geschützt waren – mit dem Ergebnis, dass die Zahl der roten Blutkörperchen häufig extrem niedrig war.<sup>32</sup> Diese Anämie lieferte nun auch eine kausale Erklärung für den vermuteten Zusammenhang zwischen Trypanosomenbelastung und Krankheitsanfälligkeit. Auch die geringe Geburtenrate und die hohe Zahl von Fehlgeburten wurden nun auf Trypanosomeninfektionen zurückgeführt, die nicht mit augenfälligen Krankheitssymptomen verbunden waren (AR 1988/89: 12).

Diese Interpretation wurde durch bestehendes Wissen gestützt. Bereits früher war bekannt gewesen, dass die Zeckenkrankheit Anaplasmosis unter Stressbedingungen selbst in solchen Tieren ausbrechen konnte, deren Immunsystem sie eigentlich vor der Krankheit schützt. Aus den vorliegenden Beobachtungen wurde nun gefolgert, dass ein ähnlicher Mechanismus offenbar auch im Fall der Trypanosomiasis eine zentrale Rolle spielte. Nur dadurch konnte erklärt werden, dass die Zahl der Anaplasmosis- und Trypanosomiasisfälle im Jahr 1992 massiv über dem Durchschnitt lag, obwohl sowohl die Zahl der Zecken als auch die Zahl der Fliegen nicht überdurchschnittlich hoch waren. Die beiden Krankheiten konnten somit ohne eine neue Übertragung durch einen Vektor ausgelöst werden. Diese Erkenntnis wurde als vollständig neu für die Veterinärmedizin angesehen (AR 1992/93: 12). Für das Ranchmanagement war die neue Erkenntnis besonders wichtig: »This has been a major step forward that has now opened up the

**32** | Hätte man die Verabreichungshäufigkeit von Samorin massiv erhöht, so hätte die Gefahr bestanden, dass das Medikament toxisch wirkt (AR 1989/90: 12).

way towards what could well be dramatic improvements in the performance and fortunes of Mkwaja Ranch« (AR 1988/89: 12).

Das neue Verständnis der Kausalzusammenhänge eröffnete weitere Handlungsspielräume, und das Management ging nun von »genuine prospects for a definitely bright future for Mkwaja Ranch« aus (ebd.). Anlass für diesen Optimismus bot die neue Strategie, den Krankheitsstress durch eine Bekämpfung der Tsetsefliegen mit dem Insektizid Deltamethrin zu vermindern. Dadurch versprach man sich, die Wirkungskdauer von Samorin – die ja von der Fliegenpopulation abhängig war – auf drei bis vier Monate auszudehnen (AR 1988/89: 12). Die Trypanosomiose selbst war zu dieser Zeit nur für einen relativ kleinen Teil der Todesfälle verantwortlich, während es eine Vielzahl von Todesfällen gab, denen keine Ursache zugeordnet werden konnte. Ein wesentliches Ziel der Deltamethrin-Kampagne bestand daher auch darin, die Zahl der Todesfälle durch Krankheiten wie Salmonellose und Anaplasmosen zu reduzieren.<sup>33</sup>

Um die Auswirkungen der Fliegenbekämpfung mit Deltamethrin verfolgen zu können, wurde 1989/90 die Zahl der Blutproben gegenüber dem Vorjahr um 44 Prozent erhöht, und die Tiere wurden sorgfältig auf Krankheitsanzeichen hin beobachtet. Bereits nach einem Jahr wurden spektakuläre Resultate festgestellt: Die Zahl der Tot- und Fehlgeburten nahm um 67 Prozent ab, und die Zahl der Todesfälle um 51 Prozent (Anaplasmosen), 64 Prozent (Salmonellose) bzw. 54 Prozent (Trypanosomiose) (AR 1989/90: 12). Es überrascht daher nicht, dass die Deltamethrin-Kampagne bis zur Schließung der Ranch fortgeführt wurde.

Einmal mehr zeigt sich hier, wie über lange Jahre verschiedene »Puzzlesteine« zusammengefügt wurden, bis sich Schritt für Schritt ein neues Verständnis der Zusammenhänge herauskristallisierte. Eine entscheidende Voraussetzung hierfür war eine kontinuierliche und systematische Beobachtung des Gesundheitszustands der Rinder, aber auch derjenigen Faktoren, die einen Einfluss auf den Gesundheitszustand hatten: die Zahl der Fliegen und der Zecken, das Wetter und der Zustand der Weiden. Mit Hilfe dieser Daten konnten schrittweise immer neue Zusammenhänge postuliert werden, auf deren Grundlage Maßnahmen geplant werden konnten, welche wiederum Rückschlüsse über die Verlässlichkeit der Hypothese zuließen. Erst nach mehr als drei Jahrzehnten konnte schließlich durch die Kombination verschiedener Maßnahmen eine befriedigende Strategie entwickelt werden.

**33 |** Für das Jahr 1989/90 wurden zum Beispiel 139 Todesfälle durch Anaplasmosen und 40 durch Salmonellose verzeichnet, aber nur 6 durch die Trypanosomiose.

### 4.3 Von Fliegenbarrieren und sterilen Männchen: Die Kontrolle der Tsetsefliegen

Der Schweizer Agronom Ammann, der von Amboni als Ranchmanager eingesetzt wurde, verfügte zunächst über keinerlei Erfahrungen mit tropischer Viehwirtschaft (Interview mit Ulrich Albers, Januar 2004). Daher war es naheliegend, externe Berater hinzuzuziehen. Eine Schlüsselrolle spielte dabei ein britischer Veterinärmediziner Bax, der langjährige Erfahrungen im Umgang mit Tsetsefliegen in Tansania hatte. Er wusste, dass Tsetsefliegen sich vor allem im Schatten aufhalten. Daher empfahl er die Schaffung einer so genannten ›Fliegenbarriere‹ – eines 1 km breiten und 34 km langen Streifens um die Ranch herum, in welchem die Vegetation vollständig entfernt wurde (Interview Hans-Peter Ammann, Januar 2004; Interview Ulrich Albers, Januar 2004). Um die Fliegenbarriere herum wurden zudem Zäune errichtet, die verhindern sollten, dass wildlebende Tiere (welche Tsetsefliegen einschleppen können) in das Ranchgelände eindringen konnten.

Das Ziel des Managements bestand darin, die Fliegenpopulation auf der Ranch so niedrig wie möglich zu halten, um die Kosten für die medikamentöse Vorbeugung der Trypanosomiasis zu minimieren. Um sicherzustellen, dass dieses Ziel erreicht wurde, wurde die Größe der Fliegenpopulation regelmäßig erhoben. Dazu wurden so genannte ›Fliegenrunden‹ durchgeführt, bei denen Ranchmitarbeiter entlang von festgelegten Pfaden die Fliegen zählten. Außerdem wurden Fallen aufgestellt, um Fliegen zu fangen und zu zählen (AR 1958/59: 15 sowie AR 1958/59: »Annual Report on Tsetse-Control«). Dabei stellte sich heraus, dass die Resultate der beiden Methoden stark differierten, da die Fliegen sich offenbar vor allem an den Orten aufhielten, wo sich auch das Vieh aufhielt.

Die Langzeitbeobachtung der Fliegenpopulation war nicht nur für die Optimierung der Insektizid-Ausbringung wertvoll, sondern lieferte auch wertvolle Erkenntnisse über die Populationsdynamik der Fliegen in Mkwa-ja. Rekursive Lernprozesse können somit auch genutzt werden, um ein Wissen über die lokalen Rahmenbedingungen zu erarbeiten. So zeigte sich im Jahr 1957/58 erstmals, dass die Fliegenpopulation einem deutlichen saisonalen Muster folgte, und dass die Zahl der gefangenen Fliegen anstieg, wenn mehr Rinder an den Fallen vorbeikamen. Außerdem nahm die Fliegendichte nach Regenfällen innerhalb von 24 Stunden massiv zu, während sie bei kühlem Wetter ebenso rapide abnahm.

Bis 1960 blieb die Fliegenpopulation relativ klein. Trotzdem wurde bereits 1956 mit der Anwendung von DDT begonnen (AR 1956/57: 9). Im Rahmen einfacher rekursiver Lernprozesse wurde mit verschiedenen Ausbringungsmethoden experimentiert, deren Wirksamkeit sehr unterschied-

lich war. Insgesamt erwies sich eine 5-Prozent-DDT-Lösung als wirksam. Ein verändertes Wissen führte schließlich dazu, dass die Verwendung von DDT 1960 eingestellt wurde: die Kosten wurden als zu hoch erachtet, und man ging zu diesem Zeitpunkt davon aus, dass die Ranch in einem Gebiet mit relativ geringer Tsetsefliegen-Dichte lag. Zudem war die Fliegenpopulation Anfang 1957 trotz der Verwendung von DDT stark angestiegen (ebd.). Stattdessen wurde der Schwerpunkt nun auf die Chemoprophylaxe der Trypanosomiasis gelegt (siehe Kap. 4.2).

Bereits 1961 führten neue Beobachtungsdaten jedoch zu einer Korrektur der eingeschlagenen Strategie, die zunächst als räumlich begrenztes Experiment durchgeführt wurde: Es zeigte sich, dass die Fliegendichte falsch eingeschätzt worden war (AR 1960/61: 21). Vor allem in einem bestimmten Tal wurden viele Fliegen beobachtet. Daher wurde in diesem Gebiet unter der Leitung eines Tsetsefliegen-Experten 1961/62 mit der Versprühen von Dieldrin begonnen, einem noch wirkungsvolleren Pestizid. Das Pestizid wurde nach den Juni-Regenfällen ausgebracht, zu einer Zeit, als die Fliegen sich entlang des Flusses konzentrierten. Dieses Vorgehen hatte sich in anderen Teilen Afrikas bewährt, und man ging daher davon aus, dass die Infektionsraten durch die Pestizidausbringung zurückgehen würden. Als Indikator für die Wirksamkeit wurde die Infektionsrate von Jungkühen verwendet. Während noch im Juli 128 Infektionen verzeichnet wurden, waren es im September lediglich vier Fälle. Die Ausbringung von Dieldrin war auch insofern ein Erfolg, als sie relativ kostengünstig erfolgte. Daher wurden auch andere Flussgebiete damit besprüht (AR 1961/62: 22).

Im Juli des Folgejahres 1962/63 wurde die erfolgreiche Dieldrin-Ausbringung wiederholt. Überraschenderweise wurde jedoch ab Oktober festgestellt, dass die Fliegenpopulation in allen Gebieten der Ranch massiv zunahm (AR 1962/63: 18). Die Tsetsefliegen wurden nicht nur dort beobachtet, wo die Fliegen brüteten und wo Dieldrin ausgebracht worden war, sondern auch in weiten Grasflächen. Die bisher verfolgte Strategie, die von den Fliegen besonders dicht besiedelten Flächen zu besprühen, war daher nicht mehr anwendbar. Das Management verfolgte nun ein ehrgeiziges Ziel:

»Our claim in tsetse control is to get an area permanently free of tsetse flies in conjunction with bush control, which would eliminate the continuous use of trypanocidal drugs<sup>34</sup> in the area concerned. It is most uneconomical to undertake temporary tsetse measures and having to rely on curative and prophylactic drugs at the same time« (AR 1963/64: 16).



Die neue Strategie erforderte, dass gleichzeitig etwas gegen die Verbuschung<sup>35</sup> unternommen werden musste, da die Fliegen sich bevorzugt im Schatten von Büschen aufhalten. Zwischen 1966 und 1968 wurden jedoch die Grenzen des technisch Machbaren erreicht: Es wurde eine Zunahme der Tsetsefliegen beobachtet, die nicht auf eine mangelhafte Wirkung von Dieldrin zurückgeführt wurde, sondern auf klimatische Bedingungen. Dieldrin wurde daher weiterhin verwendet. Die Übertragung von Trypanosomen durch Tsetsefliegen wurde weiterhin als größtes veterinärmedizinisches Problem der Ranch angesehen, und man ging davon aus, dass dieses Problem bestehen würde, solange es auf der Ranch Tsetsefliegen gab (AR 1975/76: 12).

Neue Perspektiven ergaben sich, als das amerikanische Landwirtschaftsministerium auf Mkwaja Ranch mit einem »Tsetse Research Project« begann, das auf der Freisetzung sterilisierter Fliegenmännchen basierte.<sup>36</sup> Zunächst ging man davon aus, dass in Mkwaja nur die drei Arten *Glossina pallidipes*, *G. brevipalpis* und *G. austeni* vorkämen, wobei man *G. pallidipes* als die wichtigste Art erachtete. Aus Untersuchungen im Rahmen des Tsetse-Projekts ergab sich jedoch, dass 60 Prozent der Fliegenpopulation zu einer vierten Art gehörten, nämlich *G. morsitans*, die nur von Experten von *G. pallidipes* unterschieden werden können. Allerdings hätten die beiden Tsetse-Experten, die in den 1960er Jahren in Mkwaja gearbeitet hatten, *G. morsitans* mit großer Wahrscheinlichkeit erkannt. Daraus ergab sich, dass *G. morsitans* in den 1960er Jahren auf der Ranch noch nicht vorgekommen war, sondern erst später einwanderte – vermutlich während der Periode der starken Zunahme der Fliegenpopulation zwischen 1966 und 1968.<sup>37</sup> Für die Tsetse-Bekämpfung auf der Ranch war dies insofern von Bedeutung, als *G. morsitans* als die problematischste aller Tsetse-Arten an-

35 | Zur Kontrolle der Verbuschung siehe Kapitel 4.4.

36 | Tsetsefliegenweibchen können nur einmal befruchtet werden. Wenn eine große Zahl sterilisierter Männchen freigelassen wird (etwa im Verhältnis 10 zu 1 gegenüber den wild lebenden Männchen), so können sich die Fliegen nicht mehr vermehren und sterben aus – zumindest in der Theorie. Bisher war diese Technik trotz beträchtlicher Anstrengungen nur auf der Insel Sansibar erfolgreich, da auf einer Insel verhindert werden kann, dass Fliegen von außen eindringen. Zur Zeit führt die Internationale Atomenergiebehörde in Zusammenarbeit mit der Organisation der Afrikanischen Einheit die »Pan African Tsetse and Trypanosomiasis Eradication Campaign« durch, deren Wirksamkeit jedoch umstritten ist. (vgl. Neue Zürcher Zeitung, Nr. 83 vom 4.9.2003, S. 57; auch in: URL: [http://www.biovision.ch/presse/pdf/Herren%20NZZ%20\(1\).pdf](http://www.biovision.ch/presse/pdf/Herren%20NZZ%20(1).pdf)).

37 | Es war bereits zu diesem Zeitpunkt bekannt, dass *G. morsitans* in neue Gebiete eindringen kann.

gesehen wird – sowohl aufgrund ihrer pathogenen Wirkung als auch aufgrund ihrer Verbreitung: Während die übrigen drei Spezies sich vor allem in Büschen entlang von Flüssen aufhalten, verbreitet sich diese Spezies großflächig (AR 1975/76: 11f.).

Das Projekt stellte eine vollständige Elimination der Tsetsefliegen innerhalb eines überschaubaren Zeitrahmens in Aussicht. Damit dies gelingen konnte, musste allerdings die Fliegenbarriere undurchlässig sein. Daher wurden 1976/77 weitere 22 km Fliegenbarriere gerodet, auf einer Breite von 1 km, um ein riesiges Feldexperiment vorzubereiten. Vor der Freisetzung sterilisierter *G. Morsitans*-Männchen im Dezember 1977 wurde zudem die ganze Experimentalfläche von einem Flugzeug aus mit dem langlebigen Insektizid Endosulphan besprüht. Nach zwei Sprühflügen hatte die Fliegenpopulation um 90 Prozent abgenommen. Zwei Tage später wurden dann die ersten sterilen Männchen freigesetzt (AR 1977/78: 16).

Das Tsetse-Projekt illustriert, dass Realexperimente häufig weder vollkommen scheitern noch vollkommen den Erwartungen entsprechen. Nach der Freisetzung zeigte sich, dass die Zahl der wilden Fliegen kontinuierlich zurückging. Das Experiment war also weitgehend erfolgreich, doch wiesen einzelne Flächen zunächst weiterhin hohe Fliegendichten auf. Schrittweise wurde der Wirkungsgrad erhöht: Indem die Freisetzung sterilisierter Männchen fortgeführt wurde, konnte auch in diesen Gebieten die Fliegendichte kontrolliert werden. Allerdings war dem Experiment kein vollkommener Erfolg beschieden, da die Fliegenbarriere an zwei Stellen durchlässig war. An diesen Stellen wurde die Barriere daher durch gezielte Ausbringung von Endosulphan »verstärkt«. Dadurch drangen zwar weniger Fliegen ein, doch war auch diese Maßnahme nicht vollkommen wirkungsvoll. Um zu überprüfen, inwiefern die Fliegen von außen eindringen, wurde ein Experiment durchgeführt, indem an den Infiltrationsstellen gezielt weitere sterilisierte Männchen außerhalb der Fliegenbarriere ausgesetzt wurden, die mit einer Farbe markiert wurden. Tatsächlich konnten diese markierten Fliegen dann auch innerhalb der Experimentalfläche beobachtet werden (AR 1978/79: 15), was die Vermutung bestätigte, dass weiterhin Tsetsefliegen die Barriere überquerten.

Das Tsetse-Projekt war insofern erfolgreich, als dass die sterilisierten Fliegen die wilden Fliegen kurzfristig tatsächlich zu 100 Prozent verdrängten. Trotzdem konnte der Bestand an wilden Fliegen mittelfristig um 96 Prozent reduziert werden, da immer wieder wilde Fliegen von außen eindringen. Daher wurde das Projekt im Januar 1979 eingestellt, nachdem mehr als eine halbe Million sterilisierte Fliegen freigesetzt worden waren (AR 1978/79: 15). Von 1989 bis zur Schließung der Ranch wurden die Tsetsefliegen schließlich mit Hilfe des Insektizids Deltamethrin bekämpft, dessen Anwendung bereits im Kapitel 4.2 beschrieben wurde.

#### 4.4 Altöl, Ziegen und Traktoren – Mit voller Kraft gegen unerwartetes Gestrüpp

Wie unerwartet die Folgewirkungen eines ökologischen Eingriffs sein können, zeigt insbesondere das Problem der Verbuschung auf Mkwaja. Zwar war das Management von Anfang an bestrebt, die gerodeten Flächen freizuhalten, doch zeigte sich erst im Laufe der Jahre, wie gravierend das Problem war. Vor Beginn des Ranchbetriebs war die Gegend lange Jahre unbesiedelt gewesen, sodass die Vegetation sich in einem natürlichen Fließgleichgewicht befand (Ford/Blaser 1971: 75). Die wildlebenden Tiere ästen Baumsprösslinge ab und hinderten kleine Bäume am wachsen. Natürlich auftretende Buschfeuer verstärkten diese Wirkung.

Von 1952 bis 1954 wurden die Rodungsarbeiten für die Fliegenbarriere durchgeführt (Slade 1987: 1). In den ersten Jahren des Ranchbetriebs wurden etwa 500 Ziegen gehalten, welche die gerodeten Flächen freihalten sollten (AR 1957/58: 12).<sup>38</sup> Im Jahresbericht von 1956/57 finden sich dann erste Hinweise auf ein gravierendes, in diesem Ausmaß unerwartetes Problem:

»[C]utting down bush disturbs the natural equilibre with resulting erosion, secondary bushgrowth, change of microclimate. Bushregeneration is very high and cleared areas are showing secondary bushgrowth which will not help to improve the situation« (AR 1956/57: 9).

Trotzdem deuten die frühen Jahresberichte darauf hin, dass das Problem der Verbuschung zunächst nicht im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit stand. Erst 1958/59 wurde eine eigene Rubrik »pasture upkeep« in die Jahresberichte aufgenommen, doch war diese zunächst sehr kurz.<sup>39</sup> Bereits zwei Jahre zuvor findet sich in Bezug auf die beiden Dornbuschgattungen *Dichrostachys* und *Acacia* der Hinweis auf erste Maßnahmen:

»Both thornbushes are developing wherever the soil is suitable and cattle concentrates. We have trials going with Arboricides<sup>40</sup> (chemically) and with the Gyramor

**38** | Die Ziegen wurden 1958/59 verkauft (AR 1958/59: 11), da sie die Verbreitung von Zecken begünstigten. Außerdem erforderten sie viele Hirten und wurden häufig gestohlen (AR 1957/58: 12).

**39** | Der Abschnitt »pasture upkeep« umfasste etwa eine Drittelseite in einem Bericht von 20 Seiten.

**40** | Arborizide sind Wirkstoffe, die eingesetzt werden, um Bäume und Sträucher abzutöten (»Arborizid« = »Baumtöter«). Ihre Inhaltsstoffe werden häufig auch in Herbiziden (»Herbizid« = »Kräutertöter«) verwendet.

(mechanically). Probably both methods will have to be implemented together« (AR 1956/57: 7).

Damit war bereits die grundsätzliche Richtung für die nächsten Jahrzehnte vorgegeben: Die biologische Verbuschungskontrolle mit Hilfe von Ziegen wurde als nicht praktikabel erachtet, und weder eine rein mechanische noch eine rein chemische Rodung erschien erfolgversprechend. Als 1958/59 erste systematische Versuche unternommen wurden, bestand ein vorsichtiger Optimismus: »We think that [...] we are able to tackle the bush infestation. It will take, however, many years until we have achieved what is in our mind« (AR 1958/59: 16). Eine wichtige Rolle spielte zunächst die Verwendung einer Mischung aus Altöl, Dieselöl und Salz, die in Palmen injiziert wurde und bei den ersten Versuchen eine »spektakuläre« Wirkung zeigte (ebd.).<sup>41</sup> Im Laufe der Zeit gelang es, mehr darüber zu erfahren, unter welchen Bedingungen welche Mittel am besten wirkten: Für Akazien der Art *Acacia zanzibarica* erwies sich eine Lösung von Dieselöl mit dem Herbizid 2-4-5-T als recht wirkungsvoll, die auf die Stämme der Büsche gestrichen wurde (AR 1959/69: 21). Diese Arbeit war jedoch anstrengend, und nur 60 Prozent der behandelten Büsche starben ab. Später zeigte sich, dass dieselbe Mischung auch für die Gattung der Dum-Palmen (*Hyphaene*) wirkungsvoll war, jedoch bei *Dichrostachys* versagte (AR 1961/62: 23). Die erzielten Fortschritte waren somit limitiert, und es galt, nach wirkungsvolleren Lösungen zu suchen.

Ein grundlegender Strategiewechsel wurde 1962/63 in Folge externer Einflüsse eingeleitet: Der Preis der Arborizide hatte sich dermaßen verteuert, dass die Kosten als prohibitiv erachtet wurden. Daher wurden erste Experimente mit so genannten »Brushcuttern« begonnen, mit tonnenschweren rotierenden Walzen und scharfen Klingen, die von Traktoren gezogen wurden. Als Versuchsfläche wurde ein besonders zugewuchertes Gebiet verwendet. Dabei zeigte sich, dass die größeren Bäume lediglich beschädigt wurden, aber erneut wuchsen. Die kleineren Bäume wurden zwar durchtrennt, wuchsen dann jedoch aus den Stümpfen weiter (AR 1962/63: 18). Ein Jahr später wurden auf der Versuchsfläche »definitive Verbesserungen« festgestellt, doch zeigte sich, dass der verwendete Traktor zu schwach war (AR 1963/64: 16). Die Hoffnung, im folgenden Jahr einen Versuch mit einem größeren Traktor durchzuführen, scheiterte daran, dass keiner von den Sisal-Pflanzungen ausgeliehen werden konnte. Daher wurde die Verbuschung manuell bekämpft, doch resultierte daraus keine Verbesserung (AR

**41 |** Nach Auskunft von Frank Klötzli wurde diese Mischung durch zufälliges Ausprobieren entdeckt.

1964/65: 30). Das Problem der Verbuschung wurde nun erstmals als zentral erachtet:

»We think that in future our main problem will not be the disease burden of the cattle but rather the reclamation and improvement of the pastures lost to bush encroachment« (AR 1964/65: 30).

Drei Jahre nach dem Experiment mit dem ersten Traktor zeigte sich, dass auf der Versuchsfläche bereits wieder Akazien auf eine Höhe von etwa 1,80 m gewachsen waren. Entgegen den Erwartungen hatten die Brushcutter das Problem somit nicht lösen können. Nun galt es, die Wirksamkeit der Brushcutter auf der Grundlage von Experimenten auf Teilflächen weiter zu erhöhen. In einem zweiten Versuch wurde daher ein leichter Brushcutter verwendet, der sich auf die Grasnarbe günstiger auswirkte. Im gleichen Jahr wurden auch – in Zusammenarbeit mit »Twiga Chemical Industries«, einer Firma, an welcher der britische Chemiekonzern »ICI« beteiligt war – Versuche mit einem Arborizid durchgeführt (AR 1965/66: 27). Im Folgejahr verschärfte sich das Verbuschungsproblem weiter (AR 1966/67, Einführung). Erst im Herbst 1967 traf ein größerer Traktor auf der Ranch ein, mit dem bis Ende März 1968 eine Fläche gerodet wurde, die dicht mit Akazien bewachsen war – mit beeindruckendem Resultat und relativ kostengünstig (AR 1967/68: 11). Aufgrund dieser ersten Erfolge bestand die Aussicht, großflächig gegen die Verbuschung vorgehen zu können – und so die Folgeprobleme der Verbuschung zu vermeiden. Damit war eine deutliche Abkehr von der ursprünglichen Strategie vollzogen worden: Noch 1957 war die Rodung weiterer Flächen als unökonomisch angesehen worden, da man davon ausging, dass die Folgeprobleme der Verbuschung mit der Verfügbarkeit neuer Medikamente gegen Trypanosomiasen unbedeutend werden würden (AR 1956/57: 9). Ende der 1960er Jahre stellte »Twiga Chemical Industries« das neue Arborizid Tordon 101 für ein Feldexperiment zur Verfügung, bei dem Akazien bekämpft wurden. Aus der Sicht des Managements war Tordon 101 auch deshalb attraktiv, weil damit Dum-Palmen bekämpft werden konnten, die von gezielt gelegten Feuern nicht abgetötet wurden (AR 1968/69: 11).

In der Folgezeit wurde insofern ein Fortschritt erzielt, als dass die Rodungskosten pro Hektar deutlich gesenkt werden konnten, doch es zeigte sich, dass einige der früher gerodeten Flächen inzwischen dicht mit Dichrostachys-Büschen bewachsen waren – und zwar so dicht, dass eine manuelle Behandlung nicht mehr durchführbar erschien. Langsam bahnte sich eine erneute Anpassung der Strategie an: Das Augenmerk richtete sich nun auf die Frage, an welchen Standorten die größte Wirkung erzielt werden könnte (AR 1969/70: 11). Im Folgejahr wurde offensichtlich, dass die Kon-

trolle der Verbuschung z.T. auf wenig ertragreichen Wiesen besonders kostspielig war. Schwierigkeiten resultierten daraus, dass die Arborizide z.T. in Tansania nicht erhältlich waren (AR 1970/71: 10f.).

1972/73 konnten die Brushcutter wegen technischer Defekte kaum eingesetzt werden. Langsam zeichnete sich ab, dass wesentlich umfassendere Maßnahmen erforderlich sein würden, doch das Management blieb optimistisch (AR 1972/73: 9). Zu diesem Optimismus trug auch die Verfügbarkeit des neuen Arborizids Tordon 155 bei, das wesentlich wirkungsvoller war als sein Vorgänger Tordon 101. Einmal mehr wurden auf der Ranch ausgedehnte Experimente durchgeführt, in Zusammenarbeit mit dem Vertreter »Twiga Chemicals« (AR 1972/73: 10). In der Folgezeit erwies sich Tordon 155 als hundertprozentig erfolgreich. Als besonderer Vorteil wurde dabei die Tatsache angesehen, dass auf den behandelten Flächen keine neuen Büsche nachwuchsen und dass sich dort gutes Gras entwickelte. Offenbar überraschte dieser Erfolg sogar den Vertreter des Herstellers »Dow«, der von den beeindruckendsten Resultaten sprach, die er bisher gesehen habe (AR 1973/74: 12). Allerdings blieben die Kosten höher als bei der Behandlung mit Traktoren, sodass Tordon 155 nach Ende der Versuche nicht weiter verwendet wurde. Gerade dieses Beispiel zeigt, wie stark die Bewirtschaftung von Mkwaia Ranch von externen Faktoren abhängig war, welche das Ranchmanagement nicht steuern konnte: Zwar eröffneten technologische Fortschritte im Fall von Tordon 155 neue Handlungsspielräume, doch konnten diese nicht genutzt werden, da die Kosten des Wirkstoffs so hoch waren, dass sich eine Anwendung in Tansania nicht rechnete.

Gleichzeitig verteuerte sich der Treibstoff der Traktoren durch die Ölkrise 1973 massiv. Zudem erkannte auch das Ranchmanagement, dass kein Ausweg aus der eskalierenden Verbuschung zu erkennen war. Daher kontaktierte Ulrich Albers, der Mitinhaber der Firma Amboni, schließlich den Ökologen Frank Klötzli von der ETH Zürich, um auf der Basis von Feldexperimenten wissenschaftliche Grundlagen für einen erfolgversprechenden Strategiewandel erarbeiten zu lassen (Interview Frank Klötzli, Juni 2002). Klötzli war als Ökologe mit der grundlegenden Unterscheidung zwischen »Grazern« und »Browseern« vertraut, also mit der Tatsache, dass einige Tierarten wie Rinder vor allem Gras essen, während andere Arten wie zum Beispiel Ziegen sich bevorzugt von Ästen und Gestrüpp ernähren. Er wusste daher, dass mit den Rindern Grazer ins Gebiet von Mkwaia gebracht worden waren, während die dort vorher lebenden Browser durch die Fliegenbarriere von der Ranch ferngehalten wurden. Ein nahe liegender Ansatzpunkt war daher die Frage, ob die Einführung von Browseern eine wirksame Maßnahme gegen die Verbuschung sein würde.

Zunächst wurden auf drei verschiedenen Flächen Vorversuche durchgeführt. Auf der ersten Fläche konnten die Tiere auf einem Teilstück frei

grasen; ein Teil der Fläche wurde mit Brushcuttern bearbeitet, während auf der übrigen Fläche Ziegen eingesetzt wurden, um die Neubildung von Gestrüpp zu verhindern. Auf der zweiten Fläche wurde eine Rotationsbeweidung eingeführt, und auf einem Teilstück der Fläche wurden Ziegen gehalten. Während die ersten beiden Flächen im Savannen-Buschland lagen, wurde eine dritte Fläche zum Vergleich im Savannen-Grasland eingerichtet; auch hier wurden zum Teil Ziegen, zum Teil Brushcutter eingesetzt (AR 1975/76: 13).

Die Einführung der Ziegen brachte viele Probleme mit sich. Viele der Tiere waren zunächst wund und voller Würmer und Krätze, sodass sie veterinärmedizinisch behandelt werden mussten. Nachdem anfänglich viele Ziegen verstorben waren, verbesserte sich ihr Zustand durch die gezielte Behandlung wesentlich, sodass die Zahl der Ziegen wieder zunahm. Es zeigte sich, dass die Ziegen mehr als 90 Prozent der kleinen Holzpflanzen fraßen und insbesondere *Dichrostachys* unter Kontrolle hielten. Akazien hingegen mieden sie (AR 1975/76: 13f.).

Mit Hilfe einfacher Überschlagsrechnungen wurde abgeschätzt, wie viel Gestrüpp die ca. 700 Ziegen fraßen. Dabei wurde die Dungmenge gemessen, welche die Ziegen in der Nacht produzierten, und es wurde angenommen, dass tagsüber ähnlich viel Dung produziert wurde. Als Schätzung ergab sich, dass jede Ziege im Verlauf eines Jahres etwa 2 Tonnen Gestrüpp fraß. Sie verzehrten jedoch nur wenig Gras, sodass sie – wie erhofft – für die Kühe keine Konkurrenz darstellten. Außerdem verursachten die Ziegen keine zusätzlichen Kosten (AR 1976/77: 12). Dennoch wurden die Versuche von Klötzli und seinen Mitarbeitern nicht verlängert, nachdem sie im Sommer 1979 wie geplant beendet worden waren (AR 1979/80: 15). Schließlich wurden die letzten Ziegen 1980 verkauft (Slade 1987: 10). Ausschlaggebend für diese Entscheidung war offenbar die Tatsache, dass das Hüten der Ziegen aufwändig war (Interview Frank Klötzli, Juni 2002). Außerdem wurden einige Ziegen Opfer von Hyänen und Pavianen. Ähnlich wie im Fall von Tordon 155 scheiterte auch hier eine an sich erfolgversprechende Strategie an den ungünstigen Rahmenbedingungen.

Durch die Erdölkrise von 1979/80 verdoppelte sich der Dieselpreis, so dass die Verbuschkontrolle mit Traktoren nicht mehr attraktiv war. Zudem war Tordon 101 in den 1980er Jahren nur begrenzt verfügbar. Daher wurden in den 1980er Jahren nur wenige Rodungen vorgenommen. Stattdessen wurden die Viehbestände reduziert. Bis zur Schließung der Ranch wurde eine Rotationsbeweidung durchgeführt, die von Klötzli vorgeschlagen worden war (Interview Frank Klötzli, Juni 2002; Interview Ulrich Albers, Januar 2004). Dadurch konnte das Problem der zu intensiven Nutzung reduziert werden, welches maßgeblich zur schnellen Verbuschung beigetragen hatte.

Die Bekämpfung der Verbuschung auf Mkwaja Ranch zeigt einerseits, wie rekursive Lernprozesse dazu beitragen, dass die Wirksamkeit von Maßnahmen im Laufe der Zeit immer weiter erhöht werden kann, doch zeigt sie andererseits auch die Grenzen eines Vorgehens, welches nicht auf einem Verständnis von Kausalzusammenhängen basiert. Das Ranchmanagement verfolgte von Anfang an die Strategie, die Verbuschung zu bekämpfen, also gegen einen Prozess anzugehen, der ganz natürlich abläuft. Rückblickend zeigen die Erfahrungen, dass sich das Ausmaß des Problems durch diese Symptombekämpfung noch verschärfte, denn die Rodung mit Brushcuttern führte dazu, dass die Büsche erst recht neue Triebe entwickelten (Interview Frank Klötzli, Juni 2002). Eine grundsätzlich andere Herangehensweise hätte darin bestanden, nach den Ursachen der Verbuschung zu suchen und dann Maßnahmen zu entwickeln, welche die Dynamik des Savannen-Ökosystems berücksichtigen. Solche Maßnahmen, wie z.B. die Verwendung von Ziegen und die Einführung der Rotations-Beweidung, wurden erst unter dem Einfluss von Klötzli eingeführt – also als Folge gezielter Feldexperimente, die Aufschluss über die Dynamik des Ökosystems gaben.

#### **4.5 Sisal und Sozialismus: Externe Einflüsse auf das Schicksal der Ranch**

Als Mkwaja Ranch gegründet wurde, befand sich die Sisal-Wirtschaft auf dem Höhepunkt. Während eine Tonne Sisal in London 1939 noch 19 Pfund gekostet hatte, lag der Preis 1951 bereits bei 240 Pfund (Ford/Blaser 1971: 70). Insbesondere während der Koreakrise stieg der Sisalpreis stark an, da die USA große Sisalmengen aufkauften, um sich vor Knappheiten zu schützen. Die Amboni-Gruppe expandierte daher stark, und somit auch die Zahl ihrer Mitarbeiter. Damit bestand auch ein großer Bedarf an Fleisch (That 2004: 13).

Im Laufe der Jahre veränderten sich für Amboni die ökonomischen und politischen Rahmenbedingungen. Der größte Einschnitt war die Unabhängigkeit Tansanias im Jahre 1961. Der Versuch, einen afrikanischen Sozialismus einzuführen, führte zu immer größeren Einschränkungen für Amboni. Seit 1971 kontrollierte die Regierung alle Im- und Exporte. Dadurch wurde insbesondere der Import von Ersatzteilen für Traktoren erschwert. Darüber hinaus verschlechterten sich die Terms of Trade für die Ranch<sup>42</sup> kontinuierlich, sodass Ersatzteile und Medikamente (in einheimischer Währung gerechnet) teurer wurden. Schließlich bekam Amboni in

**42 |** Die »Terms of Trade« bezeichnen das Austauschverhältnis zwischen den importierten und den exportierten Gütern eines Landes.



den 1980er Jahren eine Sondergenehmigung, welche diese Einschränkungen lockerte, doch verschlechterte sich gleichzeitig die ökonomische Situation in Tansania immer weiter. Parallel dazu veränderte sich auch die Nachfrage nach Sisal auf dem Weltmarkt. Einerseits lösten Mexiko und Brasilien in den 1980er Jahren Tansania als wichtigsten Sisal-Erzeuger ab; andererseits wurde Sisal von synthetischen Fasern verdrängt (That 2004: 52).

Auf diese Weise wurde die Sisalproduktion für Amboni immer weniger profitabel, sodass es auch weniger Spielraum für massive Investitionen in Mkwaja gab. Gleichzeitig wurden die Probleme auf der Ranch immer gravierender: Die Verbuschung schritt fort, und die Krankheitsrate stieg seit 1990 steil an. Lösungen zeichneten sich nicht ab. Ab 1984 wurde auch die Verwendung der Brushcutter eingestellt, da die Kosten nicht mehr tragbar waren. Der einzige Ausweg bestand nun darin, den Bestand schrittweise zu reduzieren, da sich die nutzbare Fläche immer mehr verkleinerte. Damit konnten die Betriebskosten so weit reduziert werden, dass die Ranch halbwegs profitabel arbeiten konnte (That 2004: 53). Trotzdem rissen die Schwierigkeiten nicht ab: 1994 wurde die Zahl der Tsetsefliegen erneut zu einem Problem. 1996 führte eine ausgeprägte Trockenheit zu einer hohen Zahl von Todesfällen unter den Rindern, und ein Jahr später kam es dann im Zusammenhang mit El Niño zu einer Verwüstung der Ranch-Infrastruktur (That 2004: 60).

Im August 2000 wurde die Ranch schließlich geschlossen. Die Firma Amboni verkaufte das Land an die Nationalparkverwaltung Tansanias, um sicherzustellen, dass es wieder in einen ursprünglichen Zustand überführt wird. Damit hat ein neues Realexperiment begonnen. Seit Oktober 2003 gehört das ehemalige Ranchgebiet zum neuen Sadaani-Nationalpark (Interview D. Njau, Februar 2003).

Rückblickend stellt sich die Frage, ob die Ranch mit Hilfe einer anderen Strategie erfolgreich hätte betrieben werden können. Zur Zeit geht der Trend in Afrika dahin, an Stelle von Rindern wildlebende Tiere zu halten, die sich besser in das bestehende Ökosystem einfügen. Eine andere Möglichkeit hätte darin bestanden, konsequent auf trypanotolerante Viehrassen zu setzen, die trotz Tsetsefliegen überlebensfähig sind. Ökologische Untersuchungen nach der Schließung der Ranch deuten darauf hin, dass das Problem der Verbuschung hätte vermieden werden können, wenn die Viehbestände klein genug gehalten und eine konsequente Rotationsbeweidung eingeführt worden wäre, sodass sich das genutzte Land hätte regenerieren können (Cochard 2004: 11).

## 4.6 Unterwegs im Labyrinth: Rekursives Scheitern

Der Fall von Mkwaja Ranch illustriert, wie rekursives Lernen unter Anwendungsbedingungen stattfinden kann. Im Mittelpunkt stand hier der Versuch, ein Savannen-Ökosystem umzugestalten, um eine profitable Viehzucht betreiben zu können. Die Erzeugung von neuem Wissen wurde zunächst nicht als unabdingbar angesehen. Erst als sich zeigte, dass die gestalterischen Eingriffe teilweise mehr Probleme verursachten als sie lösten, wurde allmählich mit der gezielten Erarbeitung von Wissen begonnen. Dabei ging es zunächst um Erfahrungswissen über optimale Management-Methoden, wie es zum Beispiel bei der Einführung der Nachtkoppeln zum Tragen kam. Erst später, als sich auch dieses Wissen allein als unzureichend erwies, wurden dann gezielt Experten von außen herbeigezogen, wie zum Beispiel der Ökologe Klötzli oder der Veterinärmediziner Lutz. Verortet man Mkwaja Ranch daher in der Typologie des Experimentierens (vgl. Abb. 1.5 auf S. 26), so kann man festhalten, dass zusätzlich zum anwendungsbezogenen Schwerpunkt ganz rechts im Schema allmählich ein wissenserzeugendes Standbein aufgebaut wurde, welches sich im Laufe der Zeit immer weiter nach links in Richtung Grundlagenforschung verlagerte.

Was die Einordnung zwischen situationsspezifischen und kontrollierten Randbedingungen betrifft, so dominieren im Fall von Mkwaja Ranch die unvorhersehbaren Umweltveränderungen (wie z.B. Trockenheit oder heftige Niederschläge) gegenüber der technischen Kontrollierbarkeit. Ein gewisses Ausmaß an Kontrollierbarkeit entsteht lediglich durch großflächige technische Eingriffe wie zum Beispiel die Errichtung der Fliegenbarriere, die wildlebende Tiere von der Ranch fernhielt. Die Tatsache, dass trotzdem immer wieder Tiere in die Ranch eindrangten, zeigt jedoch die Grenzen dieser technischen Kontrollierbarkeit auf. Der Fall von Mkwaja Ranch ist daher schwerpunktmäßig dem oberen rechten Quadranten des realexperimentellen Schemas in Abbildung 1.5 zuzuordnen. Auch die Forschungsaktivitäten, die zur Optimierung des Ranchbetriebs erfolgten, fanden vor allem unter den natürlichen Bedingungen von Mkwaja Ranch statt; eine gewisse Kontrollierbarkeit konnte lediglich dadurch erzeugt werden, dass verschiedene Versuchsflächen miteinander verglichen wurden, wie zum Beispiel bei Klötzlis Ziegen-Experimenten.

Obwohl somit in diesem Fall die Erzeugung neuen Wissens eher im Hintergrund stand, fanden doch kontinuierlich Lernprozesse statt, die einen nachhaltigen Einfluss auf die Bewirtschaftung der Ranch hatten. Die eingeschlagenen Strategien wurden mehrmals geändert, und obwohl die Ranch letzten Endes scheiterte, fand ein eindeutiger Wissenszuwachs statt. Im Laufe der Jahrzehnte wurde auf diese Weise klar, dass ein Trypanozid (in diesem Fall Antrycide) allein nicht ausreicht, um in einem Tsetse-Gebiet

nach einem europäisch geprägten Modell Viehzucht zu betreiben. Auch ein aufwändiger medizinischer Schutz der Rinder führte nicht zu den angestrebten hohen Fleischerträgen, die wiederum hinreichend hohe Profite ermöglicht hätten, um eine weitere medizinische Behandlung zu finanzieren. Erst allmählich zeigte sich, wie eng der Zusammenhang zwischen dem Viehbestand und der Gesundheit der Rinder war. Daher wurde die Verbuschung, die bereits früh als unvorhergesehene Nebenwirkung der Viehhaltung beobachtet wurde, erst relativ spät als ein Problem erkannt, das indirekt von entscheidender Bedeutung für die Krankheitsanfälligkeit der Rinder ist. Noch länger dauerte es, bis entdeckt wurde, dass ein hoher Trypanosomendruck selbst dann ein gravierendes Problem ist, wenn die Rinder keine auf den ersten Blick erkennbaren Krankheitssymptome aufweisen. Paradoxerweise führten all diese Wissenszuwächse im Fall von Mkwaja Ranch nicht zum Erfolg der ökologischen Gestaltung, sondern ganz im Gegenteil zu der Einsicht, dass eine intensive Viehzucht unter den gegebenen Umständen nicht profitabel betrieben werden konnte. Metaphorisch ausgedrückt führte rekursives Lernen in diesem Fall nicht zu einem Ausweg aus dem Labyrinth, welches mit der Gründung der Ranch betreten worden war, sondern zu der beschleunigten Erkenntnis, dass es sich um ein Gebilde aus einer Vielzahl von Sackgassen handelte. Auch dieses Wissen könnte sich jedoch als wertvoll erweisen, wenn es dazu beiträgt, dass in Zukunft auf ähnlich aussichtslose Ranchgründungen verzichtet wird. Außerdem war das erarbeitete Wissen insofern von Nutzen, als es dazu beitrug, dass der Ranchbetrieb trotz ungünstiger Rahmenbedingungen immerhin fast fünf Jahrzehnte lang aufrechterhalten werden konnte. Auf diese Weise konnten nicht nur die Arbeiter auf den Sisalplantagen mit Fleisch versorgt werden, sondern zudem auch Arbeitsplätze geschaffen werden.

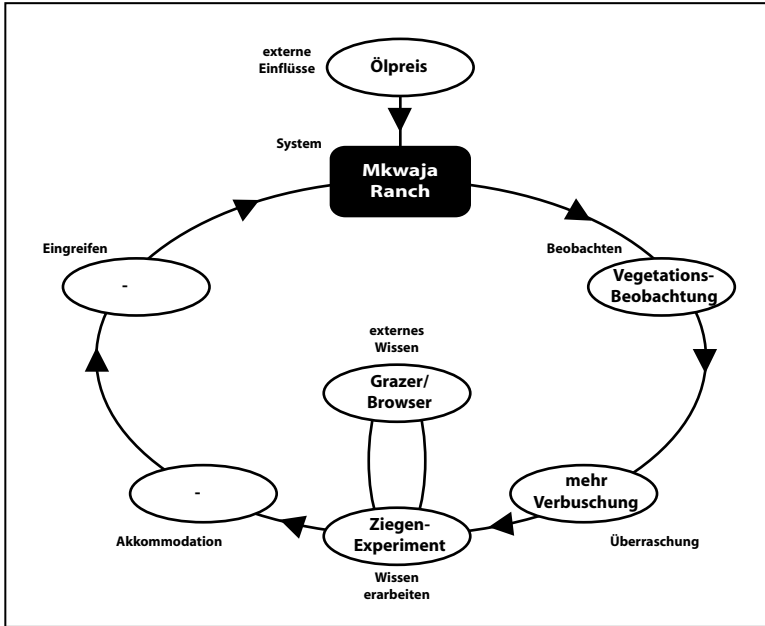
Die Frage ist nun, wie dieses Wissen über Zusammenhänge und mehr oder weniger wirkungsvolle Lösungsstrategien entstanden ist. Untersucht man diese Fragen vor dem Hintergrund rekursiven Lernens, so sieht man, dass die beiden Teilfragen eng miteinander verknüpft sind: Das Wissen über Systemzusammenhänge entstand gleichzeitig mit dem Wissen über die Wirksamkeit verschiedener Lösungsstrategien, indem diese Strategien erprobt wurden. Ein Beispiel hierfür ist das rekursive Lernen über die Verbuschung, für das in Abbildung 4.3 der letzte Durchlauf durch den Gestaltungszyklus abgebildet ist. Am Anfang stand mit der Inbetriebnahme der Ranch ein radikaler Eingriff in das bestehende Ökosystem. Eine kontinuierliche Beobachtung der Vegetation führte zu dem überraschenden Befund, dass durch die Viehzucht eine Verbuschung ausgelöst wurde. Anschließend wurden einfache Zyklen durchlaufen, bei denen jeweils bestimmte Maßnahmen (Arborizide, Dieselöl, Brushcutter) zur Anwendung kamen, ohne dass dabei theoretisches Grundlagenwissen über die genauen Wirkungs-

mechanismen einbezogen wurde. Der Wissenszuwachs bestand in diesen Fällen in erster Linie im Wissen über die Wirksamkeit der jeweiligen Maßnahmen vor Ort, ohne dass ein grundlegendes Wissen über Wirkungsmechanismen erarbeitet wurde, welches auch außerhalb von Mkwaja Ranch verwendbar gewesen wäre. Externe technische Einflüsse waren allerdings insofern wichtig, als sowohl die Arborizide als auch die Brushcutter nicht auf der Ranch erfunden wurden. Internationale technische Neuentwicklungen erweiterten also zunächst den Handlungsspielraum der Ranchmanager insofern, als eine größere Vielfalt von Maßnahmen zur Verfügung stand. Am mangelnden Erfolg der eingeschlagenen Strategie änderte dies jedoch wenig.

Einen Sonderfall rekursiven Lernens stellt der abschließende Durchlauf durch den Zyklus dar (Abb. 4.3). Durch die steigenden Ölpreise (also einen externen Einfluss) war die Verwendung der Brushcutter finanziell nicht länger tragbar. Hinzu kam das überraschende Wissen, dass keine der bisher angewandten Methoden langfristig erfolgreich war. Daher war es nahe liegend, durch den Einbezug eines externen Experten (Prof. Klötzli) auf externes Wissen zurückzugreifen. Klötzli war, wie bereits in Kapitel 4.4 beschrieben, mit der Unterscheidung zwischen Grazern und Browsern vertraut und konnte daher einen grundlegend anderen Ansatz vorschlagen. Durch die kontrollierte Einführung von Ziegen auf einzelnen Versuchsflächen konnte die Anwendbarkeit dieses Wissens auf Mkwaja Ranch überprüft werden. Außergewöhnlich ist in diesem Fall, dass ein grundsätzlich erfolgreiches Experiment nicht großflächig umgesetzt wurde, da die Verwendung von Ziegen aufgrund anderer Überlegungen als problematisch erachtet wurde (vgl. Kap. 4.4). Dieses Beispiel zeigt, dass nicht jedes erfolgreiche Realexperiment auch zu einer Anpassung der Strategie führt.

Viele andere Facetten der Geschichte der Ranch deuten jedoch darauf hin, dass rekursives Lernen immer wieder stattfand und dass das erarbeitete Wissen immer wieder in Maßnahmen einfluss. Ein Beispiel hierfür war die Erkenntnis, dass ein enger Zusammenhang zwischen der Trypanosomenbelastung und der Anfälligkeit der Tiere für eine Vielzahl von Krankheiten bestand. Die Grundlage dieser Erkenntnis waren umfangreiche Beobachtungen, die über Jahrzehnte hinweg durchgeführt wurden, sodass Erfahrungen mit verschiedenen Maßnahmen gemacht werden konnten. Auch hier kamen wesentliche Impulse von extern hinzugezogenen Experten. Auf diese Weise konnten verschiedene Annahmen allmählich verworfen werden, während sich andere Hypothesen als plausibel herauskristallisierten. Alle Maßnahmen, die mit dem Ziel durchgeführt wurden, die Krankheitsanfälligkeit der Tiere zu reduzieren, basierten auf dem jeweils verfügbaren Wissen, und können in diesem Sinne als experimentelle Überprüfung von Hypothesen angesehen werden.

Abb. 4.3: Rekursives Lernen über Verbuschung auf der Mkwaja Ranch



Ein Paradebeispiel für rekursives Lernen ist die Einführung von Deltamethrin, die auf umfangreichem Wissen und gezielten Hypothesen beruhte. Ein Erfolg dieser Maßnahme setzte voraus, dass gleich mehrere Hypothesen korrekt waren: einerseits die Hypothese, dass Deltamethrin einen nachhaltigen Einfluss auf die Tsetse-Population haben würde, andererseits die Hypothese, dass der Trypanosomendruck entscheidend ist für die Krankheitsanfälligkeit der Rinder. Der durchschlagende Erfolg von Deltamethrin deutet darauf hin, dass beide Hypothesen korrekt sind.

Ähnlich verhält es sich mit der Erkenntnis, dass ein enger Zusammenhang zwischen der Höhe des Tierbestands und der Gesundheit der Tiere besteht. Über viele Jahre hinweg wurde nach Möglichkeiten gesucht, einen Nährstoffmangel durch die Verwendung von Zusatzstoffen zu vermeiden, und es bestand die Vermutung, dass die besonderen Standortbedingungen von Mkwaja für die Krankheitsanfälligkeit der Rinder verantwortlich waren. Im Laufe der Zeit verdichtete sich dann die Erkenntnis, dass weniger zu niedrige Konzentrationen einzelner Nährstoffe im Boden das Problem waren als vielmehr eine zu geringe Nahrungsaufnahme. Diese Hypothese wurde schließlich geprüft, indem eine Herde an einen neuen Weideplatz gebracht und ihre Gewichtszunahme beobachtet wurde.

Das Wissen über Systemzusammenhänge entwickelte sich somit im Fall von Mkwaja Ranch parallel zu dem Wissen über die Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen. Wichtige Durchbrüche wurden jeweils durch rekursives Lernen erzielt. Entscheidende Voraussetzung war dabei das Vorhandensein von Hypothesen über Kausalzusammenhänge. Diese Hypothesen konnten dann durch die Umsetzung entsprechender Maßnahmen gezielt geprüft werden.

Obwohl es dem Management gelang, anspruchsvolle Lernprozesse erfolgreich zu meistern, scheiterte das Realexperiment »Viehzucht in der Savanne« letzten Endes. Der Fall Mkwaja kann daher auch genutzt werden, um die Grenzen rekursiven Lernens auszuloten. Als Quintessenz dieser Überlegungen kann festgehalten werden: Rekursives Lernen ist nur dann erfolgreich, wenn ein vertieftes Systemverständnis die Möglichkeit schafft, eine Dynamik gezielt zu verändern. Erforderlich ist somit ein detailliertes Wissen über die Auswirkungen derjenigen Prozesse, die von einem Gestalter beeinflusst werden können.

Selbst das ausgereifteste Wissen bleibt wirkungslos, wenn lediglich Prozesse besser verstanden werden, die nicht oder nicht mehr beeinflusst werden können. Rekursives Lernen stößt an seine Grenzen, wenn bereits getroffene Maßnahmen über lange Zeiträume hin irreversibel sind. Ein Musterbeispiel hierfür ist die Ranch selbst: Auch der raffinierteste Lernprozess kann kaum etwas am einmal gewählten Standort in der Küstenebene ändern. Wenn sich zeigt, dass der Standort ungeeignet ist, dann gibt es nur noch die Möglichkeit, diesen ganz aufzugeben. Das heißt jedoch nicht, dass die Erfahrungen wertlos sind, die in Mkwaja gemacht wurden. Ganz im Gegenteil: Gerade wenn langfristig irreversible strategische Weichenstellungen getroffen werden müssen, ist es unabdingbar, über einen fundierten Erfahrungsschatz zu verfügen. Die Lernerfahrungen aus Mkwaja sind daher wertvoll für alle, die in der Zukunft erwägen, im Tsetse-Gürtel Viehzucht zu betreiben.

An eine ähnliche Grenze stößt rekursives Lernen dort, wo es die Bedeutung externer Einflüsse aufzeigt, die jenseits des Einflussbereichs der Gestalter liegen. Im Fall von Mkwaja Ranch waren dies zunächst einmal die klimatischen Bedingungen, die – vor allem in Form von Trockenzeiten und heftigen Regenfällen – die Abläufe auf der Ranch durcheinander wirbelten und zu Krankheiten oder technischen Problemen führten. Darüber hinaus war die Entwicklung der Ranch in hohem Maße von den politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen abhängig. Jede Veränderung der Ausfuhrbestimmungen von Sisal hatte einen unmittelbaren Einfluss auf die Kaufkraft und damit auf die Möglichkeit, Ersatzteile und Wirkstoffe auf dem Weltmarkt zu erwerben. Dieselbe Wirkung hatten Veränderungen des Wechselkurses oder der Weltmarktpreise. Als die Ranch nach dem Zweiten

Weltkrieg geplant wurde, war kaum abzusehen, wie sich diese ökonomischen Rahmenbedingungen über Jahrzehnte hinweg verändern würden.

Andererseits wäre es falsch, unkontrollierbare externe Einflüsse von vornherein als etwas Negatives anzusehen. Gerade der Fall von Mkwaja Ranch zeigt auf, dass externe Faktoren den Handlungsspielraum nicht nur einengen, sondern ihn auch erweitern können. In vielen Fällen profitierten die Ranchmanager von technischem Wissen, das außerhalb der Ranch erarbeitet wurde. Als Reaktion auf die unerwartete Verbuschung wurden Brushcutter eingesetzt, und gegen die unerwartet hohe Krankheitsanfälligkeit wurden regelmäßig neu entwickelte Trypanozide und Insektizide verwendet. Ähnlich wichtig wie Technologien, die auf dem Weltmarkt verfügbar waren, war auch die Möglichkeit, wissenschaftliche Erkenntnisse und Erfahrungen zu nutzen, die andernorts gemacht wurden – wie z.B. bei der Einführung der Zucht-Jahreszeiten. Der Fall Mkwaja illustriert daher auch, dass das Unvorhergesehene über Jahrzehnte gesehen der Normalfall ist. Gerade weil Planung über so lange Zeithorizonte nicht möglich ist, sind kontinuierliche flexible Anpassungen notwendig. Gerade dort, wo rekursives Lernen an seine Grenzen stößt, wird es somit unverzichtbar.

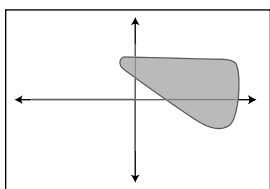
Es sind genau diese Aspekte, die im nun folgenden Fall die Verbindung zwischen der Viehzucht in der Savanne Tansanias und den urbanen Prärien des Mittleren Westens der USA ausmachen. So verschieden der Fall der Mkwaja Ranch im Vergleich mit der folgenden Fallstudie über eine Halbinsel in Chicago hinsichtlich Zielsetzung, Initiierung, rekursiven Prozessen und räumlichem Ausmaß sein mag, so ähnlich sind sie sich doch in Bezug auf die fehlende oder mangelnde Kontrollierbarkeit der Randbedingungen sowie auf die nachrangige Bedeutung der Wissenserzeugung. Der Unterschied hinsichtlich der rekursiven Lernprozesse liegt darin, dass das Realexperiment Mkwaja beendet ist (trotz des Neubeginns als Nationalpark), während der folgende Fall weiterhin ›läuft‹. Während auf Mkwaja das leitende Ziel war, durch menschliche Eingriffe in ein bestehendes Ökosystem den ökonomischen Nutzen zu maximieren, geht es in der Parkgestaltung in Chicago darum, menschliche Eingriffe durch Renaturierung zurückzubauen.





## 5. Heterogene Akteure und experimentelle Kooperationen: Parkgestaltung in Chicago

---



Auf den ersten Blick stellt der in diesem Kapitel zu diskutierende Fall ein soziales Gegenstück zu dem eher auf naturwissenschaftliches Lernen gerichteten Versuchen auf Mkwaja Ranch aus dem vorangegangenen Kapitel dar. Bei genauerem Hinsehen lassen sich jedoch viele Elemente, wie sie auch im Fall der Mkwaja Ranch beobachtbar waren, wiederfinden. Im Folgenden geht es um die »künstliche« Halbinsel Montrose Point an der Nordküste der Stadt Chicago im Bundesstaat Illinois (USA). Das 4,5 Hektar große Stück Land ragt in den 57.800 km<sup>2</sup> großen Michigansee, einen der fünf großen Süßwasserseen Nordamerikas.

Anders als Mkwaja Ranch wurde hier kein Gestaltungsprojekt von Managern konzipiert, vielmehr waren und sind die Nicht-Wissenschaftler selbst der soziale Anstoß für das experimentelle Design. Dieser Fall repräsentiert also hinsichtlich ökologischer Gestaltung einen Sonderfall, in dem die Laien nicht wie so häufig lediglich »imaginiert« (Gisler et al. 2004), sondern als heterogene Gruppe kontinuierlich in die Gestaltungsprozesse einbezogen werden. Das experimentelle Design wird eng mit den Nutzern des Parks, der sich auf der Halbinsel befindet, ausgehandelt. Diese werden auch in die eigentlichen Implementierungsarbeiten einbezogen. Dadurch können trotz der natürlichen Dynamik der Halbinsel und der gesellschaftlich bedingten Überraschungen im rekursiven Design des Gestaltungsprozesses Fehler korrigiert werden.

Im Folgenden werden einige Erläuterungen zur Praxis der *Ecological Restoration* gegeben, da diese den praktischen und wissenschaftlichen Hintergrund für die Gestaltung von Montrose Point liefert. Dazu soll auch die besondere Geschichte der Stadt Chicago und ihrer Strände diskutiert werden, um daran anschließend den Fall Montrose Point zu analysieren.

## 5.1 Naturschutz und Naturdesign

Naturschutz bedeutet wörtlich genommen ›Schutz der Natur vor menschlicher Gesellschaft‹. Dies wurde allgemein so ausgelegt, Zäune um Reservate und Schutzgebiete zu ziehen, da die hierin befindliche Fauna und Flora ohne menschliches Eingreifen am besten gedeihen könne. Nach mehr als drei Jahrzehnten Umweltbewegung zur Verminderung industrieller Verschmutzung und Zerstörung der natürlichen Umwelt sind insbesondere Umweltaktivisten in den USA nicht mehr gewillt, Umweltschutz als einzige Lösung zur Rettung der Natur zu betrachten und den Menschen in erster Linie als Gegenpol und Störenfried der Natur zu denken. Unter dem Label *Ecological Restoration* wurde seit den 1980er Jahren die einseitige Unterwerfung der Natur für rein menschliche Belange zwar als überholt betrachtet, jedoch die Ideologie des traditionellen Naturschutzes, der möglichst wenig – idealtypisch: gar keinen – menschlichen Eingriff in die Natur anstrebt, abgelehnt. Als Beispiel für die Ideologie des Naturschutzes soll hier nur ein Zitat aus dem Bericht zum »Zustand und Zukunft der Naturschutzgebiete in Deutschland« dienen:

»Jeder Besucher eines Naturschutzgebietes stört dort – gewollt oder ungewollt. Jede in ihnen ausgeübte Aktivität, gleichgültig ob sie schon vor Ausweisung des Naturschutzgebietes üblich war, ob sie im Rahmen des in der Verordnung festgeschriebenen Kompromisses zugelassen bzw. darin meist eher locker als streng reglementiert ist oder ob sie illegal praktiziert wird, sie alle beeinträchtigen durch damit verbundene Unruhe und Platzansprüche die Schutzziele, indem Lebensräume verändert und vernichtet, Vegetation beschädigt und zerstört und Tiere gestört, vertrieben und getötet werden. [...] Vergleichsweise häufig belastet sind solche Naturschutzgebiete, die Aussicht, Platz für Picknicks, populäre seltene Pflanzen und Tiere, Naturromantik oder eine andere Aktivität bieten« (Haarmann/Pretscher 1993: 150-151).<sup>43</sup>

**43 |** Wir verdanken Kirsten Meyer den Hinweis auf dieses Zitat. Für eine allgemeine Diskussion zum Thema Bewertung verschiedener Naturvorstellungen siehe Meyer (2003).

Es verwundert kaum, dass eine solche Sichtweise heute nicht mehr als besonders überzeugend bewertet wird. In einem Interview vom April 2000 äußerte Stephen Packard seinen Unmut darüber, dass in der Umweltdebatte Menschen grundsätzlich als Störenfried in der Natur aufgefasst würden.

In der Perspektive der Ecological Restoration geht es nun darum, neue Naturen zu entwerfen und zu gestalten. Neue Tierarten werden importiert, Prärien rekonstruiert und das Design ganzer Landschaften in Angriff genommen. Anders als bei den meisten Umweltbewegungen des ausgehenden 20. Jahrhunderts, geht man bei der Ecological Restoration davon aus, dass sich Natur durch menschliche Eingriffe *aktiv* verbessern lässt (vgl. Baldwin et al. 1994; Gobster/Hull 2000; Jordan 2003). Diese Haltung wendet sich auch gegen Richtungen in der wissenschaftlichen Ökologie, die sich bis vor wenigen Jahren zuerst auf eine deskriptive Herangehensweise konzentrierten, in der es um die Rekonstruktion komplexer Funktionszusammenhänge sowie die Erfassung von Tier- und Pflanzenbeständen geht. Versuche eines (Wieder-)Zusammensetzens der einzelnen Komponenten zu einem (neuen) Ganzen waren bis in die späten 1980er Jahre hinein weitgehend unbekannt, wenngleich die ersten Restaurationsversuche bis in die 1930er Jahre zurückreichen.

## 5.2 Ökologische Restaurierung in Nordamerika

Heute spielt die Ecological Restoration in umweltpolitischen und ökologischen Diskussionen der USA und Kanada eine zunehmend größere Rolle. Dies zeigt ein Blick auf die in den letzten Jahren beträchtlich gewachsene Zahl von Monographien sowie eine Zunahme von Artikeln in großen Tageszeitungen wie der »New York Times« und Magazinen wie »Time Magazine«. Es gibt eine Vielzahl von Strömungen innerhalb dieser Richtung. Im Kern bleibt die Gestaltung ganzer Ökosysteme das Ziel. Die Varianten reichen dabei von einer Modellierung eines Systems mit historischen Daten bis hin zu einer Neuschaffung von Landschaften, die sich nicht ausschließlich an historischen Zuständen orientiert und entsprechend den Begriff »Restoration« beinahe fehl am Platze erscheinen lässt. Auch die Vertreter der puristischen, d.h. auf möglichst detailgetreue Wiederherstellung eines Ökosystems bedachten Seite sind sich darüber bewusst, dass die strikte Restaurierung zerstörter Ökosysteme nicht möglich, aber auch nicht nötig ist. Die Entscheidung zwischen einer strikten *Restoration* eines historischen Systems und der *Instauration* von etwas gänzlich Neuem hängt oft von der Brauchbarkeit der Daten der historischen Referenzpunkte ab. In der Praxis geht beides Hand in Hand, da jede Modellierung an bestehende Ökosysteme anschließen muss und für eine komplett erfundene künstliche Natur

noch das Wissen fehlt. Dennoch geht es bei einem Restaurationsprojekt immer auch darum, Erfahrungen zu sammeln, wie man in Zukunft möglicherweise auch ohne historische Vorbilder Natur ›erfinden‹ kann (vgl. Turner 1991: 51-79). Beide Pole dieser ›Schöpfung von Natur‹ setzen sich jedoch radikal von traditionellen Ideologien der Umweltschutzbewegung ab. Vier Grundannahmen hinsichtlich der Eigenschaften von Natur und der Rolle von Menschen sind hier wichtig zu nennen:

1. Menschliches Interagieren mit Natur wird als selbstverständlich und notwendig (und nicht zuerst als Störung) erachtet.
2. Das Natürliche (das, was von selbst da ist) und das Künstliche (das, was vom Menschen geschaffen wurde) werden nicht kategorial unterschieden; zudem kann beides nach einer gewissen Zeit – wie auch bei europäischen Kulturlandschaften typisch – ohnehin nicht mehr unterschieden werden.
3. Natur wird als unstet und nicht auf einen Idealzustand zustrebend verstanden.
4. Es wird nicht nur die Abhängigkeit der Gesellschaft von der Natur betont, sondern ebenso die Abhängigkeit der Natur von menschlicher Gesellschaft. Denn inzwischen, so die Meinung vieler Praktiker, würde insbesondere das Alleinlassen der Natur zur Verringerung von Biodiversität führen. Der »Greenpeace«-Slogan der 1980er, in dem behauptet wurde, dass der Mensch die Natur brauche, die Natur aber nicht den Menschen, wird hier ergänzt.

In der Vorgehensweise der Ecological Restoration werden keine fertigen Modelle aus theoretischem Wissen bezogen. In den Konzeptionen finden Laieneinschätzungen und so genanntes »local knowledge« Eingang. Ursprünglich wurde die Idee der »Restoration Ecology«<sup>44</sup> zwar als eine Testmethode im Rahmen formaler Forschung konzipiert (Jordan et al. 1987). Aber später wurden sich die Wissenschaftler darüber bewusst, dass ihr Wissen – nicht zuletzt durch den Freisetzungsscharakter dieser Gestaltungsprojekte – erst mit den nicht-wissenschaftlichen Kenntnissen und Praktiken in anderen Teilen der Gesellschaft erfolgreich implementierbar ist. Das so genannte Laienwissen erweist sich in ökologischen Gestaltungsprojekten immer wieder als für die Naturwissenschaft wichtig, da die all-

**44 |** Gewöhnlich wird »Restoration Ecology« als die naturwissenschaftliche Disziplin verstanden und mit »Ecological Restoration« die praktische Implementierung bezeichnet. Dass diese Unterscheidung in unserem Falle, wie auch in vielen anderen, nur bedingt Sinn macht, soll hier nicht weiter ausgeführt zu werden. Siehe hierzu aber Groß (2002), Higgs (2003) oder Jordan (2003).

tagssprachlich formulierten Beobachtungen der beteiligten »Laienakteure« neue Forschungsfragen anstoßen. Fortschritte in der Restaurationsökologie hätten ohne Laienbeteiligung häufig nicht effizient durchgeführt werden können.

Die Idee des Gartens als Kunstform, die sowohl Wissen als auch neue Werte für die Teilnehmenden und für Gesellschaft im Allgemeinen schaffen kann, wurde ab den frühen 1990ern zu einem Leitbild. Stephen Packard berichtete in einem Interview (April 2000), dass die Einbeziehung von Nicht-Akademikern und vor allem Volontären am Anfang eher eine Notlösung war, um den großen Arbeitsaufwand bewältigen zu können. Aber nach etwa zehn Jahren wurde deutlich, dass Anwohner und Volontäre ein ganz besonderes Verhältnis zu der von ihnen mitgeschaffenen Natur entwickeln können und deren Wissen in einzelnen Fällen wichtiger für Entscheidungen sein kann als das der traditionellen Naturwissenschaftler. Heute wird, wie Untersuchungen in Nordkalifornien und im Mittleren Westen der USA zu zeigen versuchen, nur ein relativ kleiner Prozentsatz der ökologischen Praxis mit akademischen Vorgaben durchgeführt (Miller et al. 1997; Stevens 1995); Anwohner oder Volontäre nehmen am Planungs- und Gestaltungsprozess teil. Die Rolle der professionellen Ökologen ist zwar nach wie vor wichtig und kann in verschiedenen Phasen eines ökologischen Gestaltungsprozesses entscheidende Inputs liefern. Im Laufe eines »Restoration«-Projektes kann sich jedoch immer wieder herausstellen, dass die Anwohner der Region, die kein formales Training im akademischen Fach Ökologie haben – so genannte nicht zertifizierte Experten (Collins/ Evans 2002) –, den Gestaltungsprozess bestimmen und damit auch Wissen für die Grundlagenforschung und akademisch orientierte Ökologie generieren können.

Wie geht die Umsetzung eines solchen Prozesses praktisch vonstatten? Aufgrund des unsicheren Wissens über Ökosysteme gibt es keine durchprogrammierte strategische Handlungsplanung, sondern es muss eine vorsichtige und beobachtende Vorgehensweise, zusammengesetzt aus Fach- und Laienwissen, gewählt werden. Man beginnt zum Beispiel vorsichtig mit einem kontrollierten Präriefeuer eine fruchtbarere Voraussetzung für einheimische Pflanzen zu schaffen. Hierzu passt, dass in den Selbstbeschreibungen der menschlichen Akteure die Reaktion der Natur auf diesen gesellschaftlichen Eingriff als Überraschung akzeptiert wird. Und es ist offensichtlich, dass die Naturdynamik nicht immer den Erwartungen der Menschen entspricht. Praktiker dieser Strömung sind sich nicht nur bewusst über die Unvorhersehbarkeit ökologischer Prozesse, sondern sie fordern genau diese unerwarteten Reaktionen der Natur heraus. In den Worten von Packard: »Every restorationist knows the ecosystem will respond in unpredictable ways that rise out of itself. But that's precisely what we want to lib-

erate.« Anders als bei akademischer Arbeit wird hier ein gesellschaftliches Langzeitprojekt angestrebt, und anders als bei klassisch-deskriptiven Untersuchungen der naturwissenschaftlichen »Conservation Biology« steht hier die Wechselwirkung zwischen Natur und Gesellschaft im Vordergrund (Young 2000). Natur und Gesellschaft werden nicht als Gegensatz wahrgenommen. Ökologisches Design wird zu einem gesellschaftlichen Experimentieren mit und in Natur, bei dem das rekursive Lernen als Strategie gewählt wird.

Eine solche Herangehensweise zum Naturverständnis und der Gestaltung von Ökosystemen hat sich zuerst im Mittleren Westen der USA entwickelt und mit weiteren Besonderheiten, die für eine realexperimentelle Strategie von Bedeutung sind, in der Großstadt Chicago und ihren angrenzenden Ortschaften im Bundesstaat Illinois.

### **5.3 Chicago, Green City: Ökologische Gestaltung in der Metropole**

Es war in der Nacht vom 30. auf den 31. März 2003, als sich ein Bulldozer auf den Weg zu einer Halbinsel im Süden der Großstadt Chicago machte. Auf dieser Halbinsel befand sich ein Flughafen, der in erster Linie von lokalen Geschäftsleuten genutzt wurde. Der Bulldozer wurde nicht nur von der Polizei, sondern vom Chicagoer Bürgermeister Richard M. Daley persönlich eskortiert. Innerhalb weniger Minuten pflügte der Bulldozer in die einzige Start- und Landebahn des bis dahin als Meigs Field bekannten Flughafens einige große X-förmige Furchen und machte den Flughafen damit unbrauchbar. Die lokale Presse war darüber weniger bestürzt, als man es bei einem solch autokratischen Akt in Europa vermuten würde. Denn was war der Plan und der Grund für diese Nacht-und-Nebel-Aktion? Meigs Field sollte ein Park werden. Die Rangeleien um die Halbinsel zwischen Naturschützern, Geschäftsleuten, dem Betreiber des Flughafens, Landschaftsplanern und ruhegestörten Anwohnern dauerten bereits einige Jahre. Richard M. Daley wollte diesem Ärgernis ein Ende setzen.

Dies geschah vor dem Hintergrund, dass Chicago schon lange von seinen Bürgern, aber besonders auch von seinem Bürgermeister zur »greenest city in America« gemacht werden sollte. Dieses Vorhaben ist den Chicagoern in mancher Hinsicht bereits gelungen, ist doch die Biodiversität in dieser Stadt höher als in allen anderen nordamerikanischen und wahrscheinlich auch als in den meisten anderen Weltstädten – und zudem auch größer im Vergleich zu ländlichen Regionen in den USA. Die Begrünung von Meigs Field, das heute wieder seinen ursprünglichen Namen Northerly Island trägt, war hierbei nur ein weiterer Schritt, diesen Ruf auszubauen.

Wenn in Chicago schon nicht mehr das höchste Hochhaus der Welt zu finden ist, dann sollte es wenigstens die meisten Grünflächen aufweisen. Und bevor New York, die traditionelle Konkurrenzstadt Chicagos, in diesem Bereich aufholt, darf sich der Bürgermeister von Chicago einiges herausnehmen, um den Vorsprung weiter auszubauen. Die meisten Bewohner der Stadt stehen bei dem Plan, Chicago zur grünsten Stadt zu machen, hinter dem Bürgermeister. Neben der Neuschaffung und Begrünung von Bodenflächen finden sich in Chicago zudem bereits heute die meisten Dachbegrünungen. In der Vogelperspektive auf die Hochhäuser in Downtown Chicago fallen sehr schnell die vielen parkähnlichen Anlagen auf den Dächern auf. Viele öffentliche Gebäude wie Büchereien, Feuerwehrationen, Polizeigebäude und sogar das Rathaus (»City Hall«) können auf ihren Dächern bereits kleine Savannen oder Prärien vorweisen.

Das 1992 von Daley gegründete »Department of Environment« hat seitdem auf über 400 Hektar Fläche die Restaurierung und Sanierung alter Industriebrachen und Müllhalden initiiert und begleitet. Es gibt keine Stadt in den USA, in der mehr Geld für die Entwicklung so genannter grüner Technologien ausgegeben wird und in der es mehr Initiativen zur Verschönerung und Begrünung alter und neuer Parkflächen gibt. Für Daley bilden mehr Grünflächen, bessere Frischwasserversorgung, weniger Beton und mittlerweile sogar ein eigenes Recyclingprogramm der Stadt die Voraussetzung dafür, dass auch in der Zukunft noch Menschen in Chicago leben möchten. Die Schrumpfungsprozesse in Boston, aber auch die leerstehenden Vororte im Süden Chicagos mögen hier als Warnung gedient haben.

»My belief is that environmental initiatives should not just be out on the West Coast, in Alaska, or by the ocean, but in cities. If we don't do this, the expansion will be overwhelming: more cars, more concrete, more pollution in the air and water. They won't have any environment left out there, and no one will want to live here either« (Daley, zitiert nach Chamberlain 2004: 104).

Für viele Chicagoer ist Daley daher ein Visionär. Wenngleich er in der Presse gelegentlich als softer Grüner dargestellt wird, ist der grundsätzliche Tonfall überaus positiv. Neben den 400.000 Bäumen, die Daley seit 1998 hat pflanzen lassen, finden sich heute in fast allen Straßen der Stadt Begrünungsstreifen. Ziel ist es, Betonbegrenzungen komplett durch Bäume und Sträucher zu ersetzen. Daley schreibt es sich heute auf seine Fahnen, dass durch die Begrünungen z.B. Büroräume in der Innenstadt wieder attraktiv wurden, obwohl die Grundstücks- und Immobilienpreise – wahrscheinlich auch dadurch – in die Höhe geschossen sind.

Aber die Bürger von Chicago haben seit langem nicht nur ihre Grünflächen, sondern besonders auch ihre Strände mit Respekt behandelt. Die ins-

gesamt 45 Kilometer lange Küstenlinie am Michigansee innerhalb der Stadtgrenzen ist, von wenigen Streifen an der Grenze zur Gemeinde Evanston abgesehen, für alle Bürger zugänglich. Die Geschichte, wie es hierzu kam, ist allerdings weniger »umweltfreundlich«, kann aber als Vorläufer für die Entstehung des in Kapitel 5.4 analysierten Falls der realexperimentellen Gestaltung von Montrose Point im Norden von Chicago gesehen werden. Als im Jahre 1871 das so genannte Große Feuer weite Teile der Stadt komplett zerstörte, schüttete man beim Wiederaufbau die durch den Brand entstandenen Mengen an Schutt und Asche direkt in den Michigansee und schuf damit einen Streifen neuer Küste, der den alten Straßen und Bebauungen vorgelagert war. Dieser Streifen wurde bald zum »öffentlichen Land« erklärt, was sich bis heute kaum geändert hat. Insbesondere der Küstenstreifen im Norden der Stadt, der Lincoln Park, erfreut sich nicht nur während des Sommers großer Besuchermassen.

Trotz dieser für US-amerikanische Verhältnisse grünen Geschichte der Stadt hatten es Aktivisten, welche ökologische Restaurierungsprojekte anstrebten, bis vor kurzem relativ schwer, diese zu realisieren. In der als *Chicago Restoration Controversy* bekannt gewordenen öffentlichen Debatte im Frühjahr 1996 ging es im Kern darum, dass sich viele Anwohner von den Restaurationsplänen distanzieren. Versuche, in den Vororten Chicagos Wälder aus vornehmlich nicht einheimischem Baumbestand zu roden, um hier nach dem Vorbild des frühen 19. Jahrhunderts Prärien und savannenähnliche Flächen zu gestalten, wurden – aufgeheizt durch die lokale Presse – stark kritisiert. Seit dieser Zeit kann man allgemein ein besonders großes öffentliches Interesse an der Planung der Parkflächen des »Chicago Wilderness«-Bereiches erkennen. Im Mai 1996 stellten sich viele Anwohner den Arbeitern des »Chicago Park Districts« in den Weg, um den teilweise alten Baum- und Pflanzenbestand zu schützen, der den Motorsägen zum Opfer fallen sollte. Die lokale Presse hatte zu Protestaktionen aufgerufen, sodass sich aufgebrachte Bürger den anrückenden Baggern und Holzfällern in den Weg stellten. Für etwa zwei Monate wurden daraufhin alle laufenden Restaurationsaktivitäten gestoppt.

Die ursprünglich europäischen und asiatischen Bäume passten aber nicht in die Pläne der Stadt Chicago, die weitgehend einheimische Pflanzen in der Region Chicago ansiedeln wollte – nicht zuletzt um vom Aussterben bedrohte Pflanzenarten wieder in ihre ursprüngliche Umwelt zurückzuführen.<sup>45</sup> Die Proteste waren jedoch so groß, dass auch die nationale Presse darauf aufmerksam wurde. Der »Chicago Park District«, die »Chicago Nature Conservancy« und andere Institutionen entschlossen sich, in Zu-

45 | Zur Debatte über nicht einheimische Pflanzen in der Ökologie, so genannt Neophyten, siehe Eser (1999).



kunft Entscheidungen über ökologische Gestaltungen, Restaurationen und Parkbegrünungen nur noch mit Bürgerbeteiligung durchzuführen.

Außer der Kritik an den Vorhaben selbst wurde allgemein die Öffentlichkeitsarbeit des »Chicago Park Districts« bemängelt. Aus diesem Grund wurde Paul H. Gobster und sein Team vom »Forest Service« des »United States Department of Agriculture« (USDA) eingeschaltet, um die unterschiedlichen sozialen Interessensgruppen zu sondieren und deren Naturvorstellungen als Grundlage für zukünftige ökologische Gestaltungen in Chicago heranzuziehen. Gobster, ein Sozialwissenschaftler mit großer Erfahrung in Mediationsprozessen und alternativen Konfliktlösungen im Umweltbereich, begann seine Arbeit im Sommer 1996 (vgl. Furnweger 1997; Gobster 1997; Shore 1997). Der Planungsprozess wurde im Jahre 1997 mithilfe von Fokusgruppen-Interviews begonnen. Fokusgruppen sind moderierte Gruppendiskussionen, an denen normalerweise acht bis zwölf Personen teilnehmen. Zumindest bei den ersten Diskussionen zwischen 1997 und 2000 wurde diese Zahl oft überstiegen. Ziel war, die Gründe für bestimmte Naturvorstellungen der verschiedenen Nutzergruppen herauszufinden. Vor allen Dingen die ersten Fokusgruppen hatten explorativen Charakter, da es überhaupt nicht klar war, was die Nutzergruppen für Vorstellungen vorbringen würden. Ein weiteres Ziel war es, mit diesen Ansatz von Beginn an die unterschiedlichen Laieninteressen in die Planung und in die Implementierung einzubeziehen.

Dieser Hintergrund soll genügen, um zu erläutern, warum ökologische Gestaltungen und starke Bürgerbeteiligung in einer Großstadt wie Chicago zentral sind. Ein Paradebeispiel ökologischer Gestaltung für die »Green City Chicago« findet sich in Montrose Point, einer Halbinsel im Stadtteil Uptown an der Nordküste der Stadt, die seit Mitte der 1990er Jahre »realexperimentell« neu gestaltet wird. Neben einem Rückblick auf die historische Entwicklung der Halbinsel sollen im anschließenden Abschnitt insbesondere zwei Beispiele rekursiven Lernens diskutiert werden.

## 5.4 Stadt, Strand, Michigansee: Parkrestauration und städtische Planung

Auf der Basis von Abfall und Bauschutt, der nach dem Großen Feuer von 1871 kontinuierlich in den Michigansee gekippt wurde, entstand im Stadtteil Uptown im Norden der Stadt zu Beginn des 20. Jahrhunderts ungeplant eine Halbinsel, die Montrose Point getauft wurde. Später, in den 1920ern, erweiterte man die Landzunge gezielt durch weitere Aufschüttungen, um der wachsenden Bevölkerung größere Grünlandflächen und eine breitere Küstenlinie zu bieten.

Die ersten Arbeiten zur bewussten Gestaltung der heute 4,5 Hektar großen Halbinsel begannen 1929. Ab 1938 befasste sich der berühmte Landschaftsarchitekt Alfred Caldwell (1903-1998) mit der Gestaltung des Gebietes. Außerhalb des Uferbereiches, welcher die nutzbare Küstenlinie für Strand und Hafen in der Stadt erweitern sollte, plante Caldwell eine naturalistische Parkgestaltung, welche als »Prairie-Style« bekannt wurde (vgl. Domer 1997). Es war geplant, dass sich im Falle Montrose Point Prärie, Savanne und Waldlandschaft abwechseln, wobei vor allem auf einheimische Pflanzen zurückgegriffen werden sollte. Um die Halbinsel herum verlief

*Abb. 5.1: Blick vom Hancock Building auf Chicagos Norden mit Montrose Point (Pfeil)*



Photo: Matthias Groß

ein Weg, der zum Hafen, den Anglerstegen und einem breiten Strand führte. Das Zentrum der Halbinsel bildete ein kleiner Hügel, auf welchem ein Aussichtspunkt geplant war. Hier entstand eine große Wiese, umrahmt von Wildblumen, Bäumen und Sträuchern. Die Wiese sollte regelmäßig gemäht werden, um als Picknickplatz zu dienen. Dieser Plan wurde jedoch nie verwirklicht, da die Parkverwaltung nach dem Zweiten Weltkrieg das Gelände für eine symbolische Miete von einem Dollar pro Jahr an das Militär vermietete. Im anbrechenden Kalten Krieg erschien eine militärische Nutzung wichtiger, als einen Park zu gestalten. Zunächst entstand eine Radarstation, dann weitere Gebäude: Unterkünfte, Offizierswohnungen, Messe und Abwehrstellungen, bis dort um die 300 Soldaten stationiert waren. In den 1950er Jahren entstand eine unter anderem aus europäischem Geißblatt

(»honeysuckle hedgerow«) bestehende Hecke.<sup>46</sup> Um 1970 endete die militärische Nutzung der Halbinsel, und das Gelände ging wieder in den Besitz der Stadt über. Das nun für die Halbinsel verantwortliche »Chicago Park District« ließ das Gelände fürs Erste in dem Zustand, in dem das Militär es verlassen hatte. Zu diesem Zeitpunkt begann das Interesse an der entlang eines Zaunes wachsenden »magic hedge«, wie die wahrscheinlich ursprünglich vom Militär gepflanzten Büsche bald genannt wurden. Tatsächlich ist es keine homogene Hecke, sondern eher eine Ansammlung von verschiedenen Buscharten und Gräsern, die ursprünglich am Zaun hoch wuchsen. Nachdem der Zaun zu Beginn der 1970er Jahre zusammen mit den anderen Installationen des Militärs abgebaut war, stand die Hecke fast 20 Jahre frei.

Der »Chicago Park District« beschloss daher im Jahr 1990 zusammen mit einer gemeinnützigen Nachbarschaftsvereinigung (dem »Lincoln Park Advisory Council«, LPAD), die weitere Nutzung der Halbinsel zu planen. Dabei kam auch Wissen aus der akademischen *Restoration Ecology* zum Tragen. Hinsichtlich der Zielsetzung wurde versucht, die ästhetischen Vorstellungen und Naturvisionen der Interessenvertreter in die Ergebnisse der Vorabstudien der beteiligten Naturwissenschaftler zu integrieren, da der historische Referenzpunkt bei dieser »Naturrestaurierung« streng genommen die Wellen des Michigansees gewesen wären (Gobster 2001).

Der erste Plan, auf den man sich 1997 einigte, bestand darin, die Halbinsel zu einer Savanne, wie sie im 19. Jahrhundert existiert haben könnte, umzubilden. Die natürlichen Bedingungen auf der Halbinsel sind jedoch äußerst wechselhaft. Trotzdem fanden Zugvögel, welche einer hoch frequentierten Nord-Südroute entlang dem Michigansee folgten, hier einen wichtigen Rastplatz. Das Wetter in und um Chicago ist geprägt vom so genannten »lake effect«: Da der Michigansee einer der größten Binnenseen der Welt ist, beeinflusst die Wassermasse das Wetter. So ist besonders während des warmen Wetters die Temperatur in Küstennähe oft beträchtlich niedriger als nur 100 Meter von der Küste entfernt im Stadtgebiet. Während der kalten Jahreszeit kann es genau umgekehrt sein und der See

**46 |** Die englische Bezeichnung »honeysuckle hedgerow« beschreibt die botanische Gattung *Lonicera*, welche zur Familie der Geißblattgewächse gehört. Mögliche Arten sind hier die Schlingpflanze *Lonicera caprifolium* (echtes Geißblatt) oder *Lonicera xylosteum* (gemeine Heckenkirsche). Rückfragen bei ortskundigen Personen haben ergeben, dass es sich bei der »honeysuckle hedgerow« um eine Schlingpflanze handelt, sehr wahrscheinlich also das echte Geißblatt. Den Unterbau für die Schlingpflanze bildet größtenteils der ebenfalls europäische Faulbaum (*Rhamnus cathartica*, engl.: »European buckthorn«). Zur aktuellen Faulbaum-Problematik in Chicago und Umland siehe Heneghan et al. (2004).

wärmt das Gebiet am Strand auf. Da es allgemein bekannt ist, dass am südlichen Michigansee und insbesondere in der Region um Chicago die Temperaturen innerhalb weniger Stunden 10 Grad Celsius steigen oder sinken können, ist es schwer, wie Peter Friederici bestätigt, festzustellen, was dies für einen Effekt auf die Vögel auf Montrose Point hat. Bis jetzt hat sich ihr Verhalten selten mit dem bestehenden Wissen der Ornithologen gedeckt (Interview Peter Friederici, September 2003).<sup>47</sup> Bei einem Treffen mit Fokusgruppen bemerkte ein Mitglied einer Freiwilligengruppe:

»One thing to remember at Montrose is that we have a lot of weird weather patterns and stuff. And we can do the monitoring but birds, I don't know, if you read the paper you'll see there's no real rhyme or reason sometimes about why they use what they use.«<sup>48</sup>

Dies hat aber gerade zu neuen Forschungen über das Rastverhalten von Vögeln geführt. Im Sommer ist der See zur Mittagszeit normalerweise kälter als in der Stadt, wohingegen im Winter das Gegenteil der Fall ist. Dies beeinflusst neben der Lufttemperatur auch die Windstärke. Während es in der Stadt stürmen kann, kann es am Strand windstill sein – oder umgekehrt.

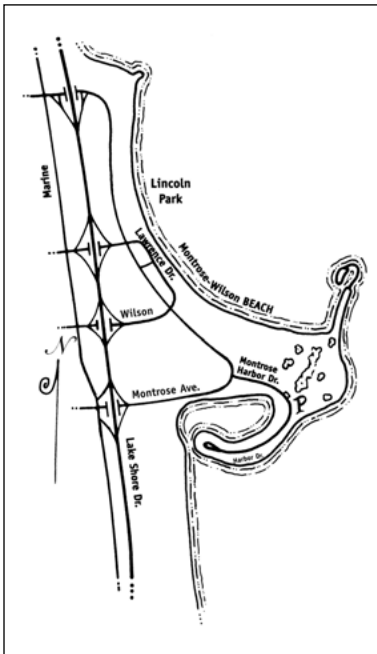
Was sich jedoch sicher sagen lässt, ist, dass der Küstenstreifen um die Halbinsel an der Flugroute der Zugvögel lag. Durch die künstliche Aufschüttung lagen die äußeren Ränder der Halbinsel sowie die schützenden Hecken ca. 500 Meter von einer Hauptstraße und den nahe gelegenen Hochhäusern entfernt. Ein Vogelbeobachter fasst dies in einer Sitzung so zusammen: »In essence, we're talking about an oasis here in a desert, a desert of concrete that extends up and down the lake shore.« Das Nahrungsangebot an Früchten war aufgrund der Büsche groß, außerdem gab es an der Wasserlinie viele Insekten. Die dichten Büsche und relativ ruhigen Küstenstreifen boten Verstecke für die Vögel. Hinzu kam, dass Montrose Point am langen Seeufer einer von ganz wenigen Rastplätzen für Zugvögel ist, da sich auch südlich des Sees vor allem landwirtschaftliche Flä-

<sup>47</sup> | Die weiteren Informationen hierzu stammen auch von Peter Friederici (Brief vom Dezember 2004). Siehe allgemein zur ›Chicagoer Wildnis‹ Friederici (1999).

<sup>48</sup> | Soweit nicht anders vermerkt, stammen diese und alle folgenden Zitate und Informationen zum Fall Montrose Point aus Mitschriften und anonymisierten Transkriptionen der Fokusgruppenmeetings sowie grauer Literatur, die uns freundlicherweise von Paul H. Gobster zur Verfügung gestellt wurden. Die Analyse dieser Materialien wurde mit unseren Hilfskräften Natalie Gulsrud, Thomas Leineweber und Melanie Lüttig durchgeführt.

chen anschließen, welche wenig Verstecke und Nahrung bieten. Erst weiter südlich – in den Wäldern von Indiana und Illinois – befinden sich wieder bessere Rastplätze. Weil Chicago schon lange ein beliebter Rastplatz der Zugvögel war, entwickelte sich dort eine aktive Ornithologen-Szene, zum großen Teil bestehend aus Laien, aber auch aus professionellen Ornithologen wie zum Beispiel Douglas Stotz.<sup>49</sup> Als man die unglaubliche Konzentration von Zugvögeln in der »magic hedge« entdeckte, entwickelte sich nicht nur unter Vogelkundlern ein großer »Vogeltourismus«. In manchen

*Abb. 5.2: Die Halbinsel Montrose Point heute mit der »magic hedge« in der Mitte (Abdruck mit freundlicher Genehmigung von Lynda Wallis).*



Jahren wurden dort über 200 verschiedene Vogelarten gezählt, darunter nicht nur viele seltene ost-amerikanische Arten, sondern auch westamerikanische, sodass die »hedge« auch über die Landesgrenzen hinaus, ja sogar international bekannt wurde. Mit der Parkverwaltung wurde bereits in den 1980er Jahren die Vereinbarung getroffen, dass die zentrale Wiese nicht länger gemäht wird. Das bot den Vögeln zusätzliche Versteckmöglichkeiten.

Mit dem zunehmenden Besucherstrom stiegen jedoch auch die Probleme. Die Halbinsel wurde seit den 1970ern insbesondere von der hispanisch-amerikanischen Nachbarschaft als beliebtes Ausflugsziel genutzt, vor allem um den Ort als Sportplatz (meist Soft-, Fuß-, oder Beachvolleyball) zu nutzen. Außerdem wurde der durch Sandanlagerung ständig wachsende Strand im Norden der Halbinsel als Badestrand genutzt. Angler und Bootsbesitzer sahen das Gelände vor al-

lem als Durchgang zum Hafen an. Es entstanden zunehmend Konflikte zwischen den verschiedenen Interessensgruppen. Zudem vergrößerte sich

**49** | Douglas F. Stotz ist Ornithologe im »Field Museum« in Chicago. Er befasst sich seit einigen Jahren mit Vögeln in und um Chicago. Seine akademischen Schwerpunkte lagen bis vor wenigen Jahren jedoch in der Untersuchung von tropischen Vögeln (vgl. Stotz et al. 1996).

das Müllaufkommen und es mehrten sich Probleme durch unangeleinte Hunde, welche die Vogelrastplätze störten.

Eine Verschärfung der Situation erfuhr das Projekt im Jahr 1996, als über die Presse die oben erwähnte öffentliche Kritik an der – oft von der Parkverwaltung im Alleingang beschlossenen – Umgestaltung vieler Parkflächen in und um Chicago laut wurde. Dies hatte grundlegenden Einfluss auf die Planungsvorhaben am Montrose Point. Das von allen Beteiligten übereinstimmend gesetzte Ziel war jedoch, Montrose Point als nutzerfreundlichen Park im Stadtgebiet Chicagos zu gestalten. Da die Halbinsel wie der übrige Küstenstreifen Teil des Lincoln Parks ist, wurde bereits 1994 im »Lincoln Park Framework Plan« Montrose Point als »wildlife habitat area« entworfen. Dieser Plan ging auf die Arbeit des »Chicago Park Districts« und dem »Lincoln Park Steering Committee« zurück, welches aus Mitgliedern der »Lincoln Park Advisory Council« sowie Mitgliedern der anliegenden Stadtteile bestand. Zusätzlich lud man Nutzer von Montrose Point, zu denen u.a. Anglergruppen oder einfach nur Spaziergänger gehörten, zu Treffen ein, um eine möglichst repräsentative Mischung von Vertretern verschiedener Interessensgruppen, welche die Halbinsel regelmäßig nutzten, für die Entscheidungsprozesse zur Gestaltung zu erhalten. Teilnehmer anderer Gruppen (wie die historischen Naturschützer und die Vogelbeobachter) wurden durch die Abgeordneten der offiziellen Organisationen vertreten. Kathy Dickhut, die damalige Beauftragte des Chicagoer »Department of Planning and Development«, fasste 1997 die Vorgehensweise so zusammen:

»Whoever wants to be involved in the process can be. [...] The results will then be given to the landscape architect we hire to inform the design process. And the plan that person comes up with will be subject to a lot of review by the planning committee, which will also have community people involved« (zitiert nach Furnweger 1997: 3).

Zur Diskussion standen auf der einen Seite drei verschiedene Entwürfe, welchen gemein war, sich möglichst nah an die ursprüngliche Caldwell-Planung (vgl. S. 120) zu halten, sowie auf der anderen Seite die »magic hedge«, die es zu erhalten und zu erweitern galt. Unterschiede in den Plänen betrafen vor allem die Gestaltung der Wiese in der Mitte der Halbinsel. Die Pläne hierzu erstreckten sich von einer gemähten Picknickwiese (wie bei Alfred Caldwell) über eine kleinere Sektion am Aussichtspunkt auf dem Hügel (»the long view«) mit höherem Präriegras an den Randgebieten bis hin zu einigen gemähten Pfaden durch hohes Präriegras.

Vor den Verhandlungen und Treffen der Fokusgruppen konnte man auf bestehendes Wissen über Unterschiede im Parknutzerverhalten verschiedener Gruppen, insbesondere der afroamerikanischen im Vergleich

Abb. 5.3: Blick von Montrose Point auf Downtown Chicago



Photo: Matthias Groß

mit den asiatischen Einwanderern und auch hinsichtlich Gruppen unterschiedlichen Bildungsstandes zurückgreifen (vgl. Gobster 2002a). Umso erstaunlicher war es dann, dass sich in den Naturvorstellungen, die auf einen bestimmten Ort wie Montrose Point gerichtet sind, diese klassischen Unterschiede in Bezug auf Ethnie, Geschlecht oder Einkommen nicht feststellen ließen. Dies ist für die sozialwissenschaftliche Umweltforschung eine relativ neue Erkenntnis, die mittlerweile auch in anderen Regionen um Chicago bestätigt wurde.<sup>50</sup> Insgesamt konnte Gobster für Montrose Point vier Strömungen oder Naturvisionen in der Diskussion ausmachen, die entgegen der ursprünglichen Befürchtung nicht unüberbrückbar weit auseinander klafften (vgl. Gobster/Barro 2000; Gobster 2002b):

*Designed Landscape:* Die Vertreter dieses Plans wollten den alten Caldwell-Entwurf aus historischen und lokalpatriotischen, aber auch aus ästhetischen Gründen möglichst exakt verwirklicht sehen. Sie bevorzugten einen »harmonischen« und einheitlichen Entwurf mit einheimischen Pflanzen

**50** | Dies wurde insbesondere von Suzanne Malec (Interview, November 2003) vom »Chicago Department of Environment« (CDOE) beobachtet. Malec begleitet in der Lake Calumet-Region, einem von extrem hoher Arbeitslosigkeit betroffenen und meist von afroamerikanischen Bürgern bewohnten Gebiet am Südrand der Stadt, ökologische Gestaltungsprojekte ehemaliger Industriegebiete (vgl. Garden 2003).

und einer großen gemähten Fläche in der Mitte des Parks, welche ähnlich wie die Gestaltung der anderen städtischen Parks ausfallen sollte. Die bevorzugte Nutzung war daher auch die eines herkömmlichen Parks, also eines möglichst passiven Naturgenusses. Die Wiederherstellung des Aussichtspunktes »the long view« war den Vertretern dieses Entwurfes besonders wichtig.

*Critical Habitat:* Die Vertreter dieser Position waren vornehmlich Vogelschützer, welche eine möglichst eingeschränkte Nutzung (außer für die Vogelbeobachtung) bezweckten. Daher legten sie den Hauptaspekt auf die Schaffung von Schutzvegetation und Futterressourcen für die Vögel, auf die Erhaltung und Erweiterung der »hedge« sowie auf eine möglichst eingeschränkte Nutzung der mittleren Wiese. Die Einbindung von einheimischen Pflanzen war ihnen eher unwichtig, das Hauptaugenmerk lag auf den Vögeln.

*Recreation:* Diese Gruppe vereinte Konsenswillige aus den beiden vorgenannten Positionen. Ziel war das Entstehen einer Nutzungsbalance zwischen menschlichen und Umweltinteressen. Die Schutzbedürftigkeit einzelner Arten und Orte müsse daher möglichst genau beobachtet und bewertet werden, sodass eine Gewichtung der Interessen erfolgen könne. Das Gesamtbild des Parks sollte möglichst »naturnah« sein, um so wenig wie möglich darin eingreifen zu müssen. Daher liegt das Hauptaugenmerk dieser Gruppe auf den wenig »naturbelassenen« Gebieten wie dem Strand und dem Hafen.

*Pre-european Settlement:* Der Fokus dieser Gruppe lag auf dem Gesamtkonzept einer »wiederhergestellten Landschaft«, so wie sie vor der europäischen Besiedelung ausgesehen haben könnte. Es sollten möglichst alle eingewanderten Pflanzen (also auch der Faulbaum und das Geißblatt der »magic hedge«) entfernt werden, um eine Landschaft ohne standortfremde Pflanzen (Neophyten) zu gestalten. Dies war ein Ansatz, der dauerhaftes Engagement und Arbeit erfordern würde, um die einheimischen und oft seltenen Arten zu erhalten. Dabei sollte vor allem auf einen hohen Biodiversitätsindex geachtet werden.

Zusammen mit den bevorzugten Nutzungsvorstellungen des Gebietes ergaben sich einige Konfliktsituationen. So stand der letztgenannte »native plants«-Entwurf im Widerspruch zu der durch europäische Arten dominierten »magic hedge«. Jedoch wurde schnell klar, dass die Vertreter der »bird-watcher« durch die Berühmtheit der Vögel und die starke Vogelschützerlobby mittlerweile ein starkes Gewicht in der Diskussion hatten. Pläne, die »magic hedge« durch eine aus einheimischen Arten bestehende Hecke zu ersetzen, scheiterten vorerst durch die Einsicht, dass die naturwissenschaftlichen Erkenntnisse über die Voraussetzungen eines guten Vogel-Rastplatzes noch zu unerforscht seien, wenngleich durch die Gestaltung von Mon-



trose Point erste ornithologische Untersuchungen hierzu angeregt wurden. Die Vertreter der Caldwell-Position plädierten jedoch nach wie vor dafür, zumindest eine Schneise in die »magic hedge« zu schlagen, um wieder einen ungehinderten Ausblick von der Hügelspitze zu bekommen.

Die hierum entfachten Diskussionen endeten ohne direktes Ergebnis. Alle beteiligten Gruppen stimmten jedoch allgemein darüber überein, dass der gesamte Bereich hinsichtlich der Bepflanzung und der ästhetischen Wirkung verändert werden müsse. Einigen konnten sich die Akteure außerdem, die »magic hedge« an anderer Stelle durch Pflanzungen zu erweitern sowie durch Pflanzungen an der Küstenbefestigung eine zusätzliche Nahrungsquelle der Vögel durch Insektenlarven zu sichern. Nachdem erste Pläne zur Gestaltung eines Kompromisses zwischen den verschiedenen Vorstellungen erstellt waren, wurden »restoration workdays« in der lokalen Presse und durch Wurfsendungen an private Haushalte angekündigt, um möglichst viele Bewohner angrenzender Stadtteile zu involvieren und auch für spätere Entscheidungsprozesse neue gewinnen zu können.

In diesen ersten Treffen ging es zuerst um das Sammeln von Samen, das Entfernen von Gestrüpp oder verschiedener so genannter invasiver Pflanzen. Der ursprüngliche Plan war, den Hauptbereich der Halbinsel als Savanne mit ausschließlich einheimischen Pflanzen zu gestalten. Diesem Plan stand jedoch die aus europäischen Arten bestehende »magic hedge« entgegen, welche Hauptanziehungspunkt der seltenen einheimischen Zugvögel war. In der Verhandlung tauchte plötzlich die Überzeugung auf, dass die »magic hedge« ohne weitere Eingriffe von selbst durch die neuangepflanzten einheimischen Pflanzen und Bäume in der Umgebung verdrängt werden würde. Man ging bereits 1997 davon aus, dass das Geißblatt absterben würde, da es damals von einer russischen Blattlaus befallen war, die nach den Vorstellungen der Beteiligten die Schrumpfung des Bewuchses auf der Hecke zur Folge haben werde. Nur aufgrund dieser Vorhersage der akademischen Ornithologen und Ökologen einigten sich die Gegner der »magic hedge« 1997 mit den »birdwatchern«, und die Hecke wurde nicht entfernt. Man wusste hier zwar nicht genau, wie es weitergehen würde, handelte aber trotz Nichtwissens und plante darauf fußend weiter. Der Plan war, dass nach Absterben der alten »magic hedge« eine neue – aus einheimischen Pflanzen bestehende – Hecke angelegt werden sollte. Die Voraussage der Ornithologen wurde nur ein Jahr später scheinbar bestätigt, da man eine noch größere Anzahl an Blattläusen an der »magic hedge« entdeckte, die – so dachte man – der Hecke bald den Garaus machen würden. Dies passte zu den Vorstellungen der Vertreter des »Chicago Park Districts«, die sich zuerst am eindringlichsten für den alten Caldwell-Plan eingesetzt und eine »magic hedge II« aus einheimischen Pflanzen vorgesehen hatten. Nun wurde jedoch der Plan, die Hecke nicht anzurühren, weiter

verfolgt. Der Stand im Herbst 2004 war jedoch überraschenderweise der, dass die Hecke gesünder und größer ist als je zuvor und weiterhin attraktiv für einheimische Vögel ist. Hier hat also alles lokale und akademische Wissen zusammen nicht ausgereicht – die Überraschung sowohl über das Bleiben der Vögel als auch über die Vergrößerung der Hecke war dennoch da.

Danach stand das ›System‹ Montrose Point weiter unter Beobachtung, denn es war zu erwarten, dass auch dieser Zustand nur vorübergehend stabil bleiben würde. Trotz aller Überraschung hinsichtlich der Überlebenskraft der Hecke wuchsen um das Gebiet, was als »magic hedge« bezeichnet wird, von 2001 bis 2004 verschiedene invasive Pflanzen, insbesondere einige einheimische Baumarten. Dies könnte als weitere Überraschung gedeutet werden, denn plötzlich wurden einheimische Pflanzen als invasives Problem beobachtet; ein Thema, was allgemein in der »Ecological Restoration« heruntergespielt zu werden scheint (Interview mit Neil Diboll, April 2000). Um diesen invasiven Wuchs an der »magic hedge« zu stoppen, reicht allerdings die Arbeitskraft der Freiwilligen-Gruppe »Volunteers at Montrose Point« heute bei weitem nicht aus. Von daher kann es in der Tat so sein, dass auf lange Sicht die bis jetzt überraschend durchsetzungsfähige »magic hedge« ohne gezielte, kostenintensive Pflege und durch Neupflanzungen nicht überleben kann. Die Vogelbeobachter, die 1999 noch extrem ablehnend gegenüber jeglicher Neubepflanzung des Gebietes der »magic hedge« waren, sind mittlerweile (Stand: Dezember 2004) bereit, dies zu überdenken. In Internetforen wird derweil heftig diskutiert, den alten Pflege- und Neubepflanzungsplan wieder aus der Schublade zu holen. Dieses Beispiel illustriert, wie verschiedene Wissensformen und erkannte Lücken des Wissens (Nichtwissen) in Wechselwirkung mit den natürlichen Dynamiken zu immer neuen Entscheidungen führen und alte Gestaltungspläne verändern sowie bestehendes Wissen erweitern können.

Die Beobachtung der Vögel veränderte den Plan zur Gestaltung von Montrose Point grundsätzlich. Zum einen entstand hieraus neues Wissen über das Rastverhalten von einheimischen Vögeln, von denen einige bereits im Mittleren Westen der USA als ausgestorben galten. Zum andern unterstützten die Interessen der beteiligten Gruppen den Erhalt der »magic hedge«, wenngleich dieses dem Plan, die Halbinsel nach dem Vorbild einer Savanne des 19. Jahrhunderts zu restaurieren, einen Strich durch die Rechnung machte. Eine Anpassung oder Akkommodation des ursprünglichen Plans führte dazu, dass die zum Abbrennen und Entwurzeln freigegebene Hecke heute geschützt wird. Die menschlichen Akteure arrangierten sich mit der neuen Situation, indem sie ihre Ziele revidierten, ihre Theorien und Ansätze den natürlichen Bedingungen und den kulturellen Naturvorstellungen anpassten.

Das lokale Wissen auf Montrose Point, das ja in erster Linie durch das

Ernstnehmen der Interessen der Vogelbeobachter entfaltet wurde, hat sich als enorm wichtig herausgestellt. In diesem Fall ist dies Wissen über die Gründe für bestimmte Muster des Rastverhaltens von einheimischen Vögeln. Da die »birdwatcher« in fast jeder freien Minute mit dem Fernglas im hohen Gras sitzen, erlangen sie ein Erfahrungswissen, das sie aber – paradoxerweise – ohne die Interessenskonflikte nicht weitergegeben hätten – sieht man einmal von den vereinzelt Beobachtungsberichten in »birdwatcher«-Internetforen ab. Erst in den Diskussionen und Auseinandersetzungen mit den Bootsbesitzern, den Anglern, den Landschaftsplanern, den Picknickern sowie den Ökologen kommt Wissen zur Sprache und damit an die Oberfläche der Diskussionen, welches sich als ornithologisches und allgemein ökologisches Neuland herausstellte. Dies verdeutlicht, dass der Einbezug von Laien und Freiwilligen nicht unbedingt eine Verringerung wissenschaftlicher Rationalität oder eine Verlangsamung des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses mit sich bringen muss, sondern im Gegenteil – auf lange Sicht – wissenschaftliches Wissen erweitern und verbessern kann. Dies bezeichnen wir als einen robusten Forschungs- und Gestaltungsprozess. Soziale Robustheit, wie sie gelegentlich in der neueren Wissenschaftssoziologie eingefordert wird (vgl. Nowotny 1999; Nowotny et al. 2004), stellt so betrachtet keine Alternative zu wissenschaftlicher Verlässlichkeit dar, sondern kann als Qualifikation von Gestaltungsstrategien, die es mit veränderlichen gesellschaftlichen Rahmenbedingungen und unerwarteten Umweltdynamiken aufnehmen kann, verstanden werden. Erfolgreiche und verlässliche Wissenschaft – und damit Robustheit in einem übergreifenden Sinne – ergibt sich aus dem rekursiven Design und der experimentellen Methodik ökologischer Gestaltungen (vgl. Groß et al. 2003: 253-255).

Weitere überraschende Beobachtungen komplizierten immer wieder die Gestaltung der Halbinsel Montrose Point. Dies zeigt, dass es verschiedene rekursive Zyklen gibt, welche zeitlich nebeneinander ablaufen können, wenngleich es sich um dieselbe Akteurskonstellation handelt. Hierzu zählt zum Beispiel eine Beobachtung aus dem Herbst 1999. Ein Mitglied der Volontärgruppe bemerkte bei einem Spaziergang einen grünen Bewuchs im Sand des Strandes. Im Mai 2000 wurde der grüne Bewuchs offiziell als »lakeshore rush« (Deutsch: Baltische Binse, Lat.: *Juncus balticus*) identifiziert und von Ökologen bestätigt. Diese Pflanze wurde seit 1946 nicht mehr am Michigansee in Illinois gefunden. Die Binsen wuchsen auf einer erst in den späten 1990ern entstandenen kleinen Düne, die an das Volleyballfeld im Norden angrenzte. Grasbewuchs bindet den losen Sand der Dünen, was weiteres Dünenwachstum zur Folge hat. Der Pflanzenfund war für die beteiligten Ökologen eine erfreuliche Nachricht und wurde von fast allen Beteiligten als begrüßenswert erachtet. Lediglich die Volleyballgruppe befürchtete, dass die Düne eines Tages ihr Volleyballfeld überwu-

chern könnte. Sie plädierte daher für eine Beschränkung der Dünenvegetation.

Bei den ersten Verhandlungen fiel jedoch überraschenderweise auf, dass die Volleyballgruppe plötzlich nicht mehr für einen radikalen Stopp des Dünenwachstums plädierte, sondern für eine Integration des Volleyballfeldes in die wandernden Dünen, was unter Umständen auch bedeuten könnte, dass das Volleyballfeld nach Norden verschoben werden muss. Die Gründe für den Einstellungswandel sind nicht eindeutig zu bestimmen. Sicherlich gehört aber dazu, dass sich die Düne als guter Sichtschutz erwies, was die Volleyballer trotz aller ›Bedrohung‹, die von ihr auszugehen schien, zu schätzen lernten. Weiterhin erwies sich der immer dichter werdende Dünenbewuchs als eine natürliche Bedürfnisanstalt, die den Volleyballspielern den relativ weiten Weg zur offiziellen Toilette im Zentrum der Halbinsel verkürzte (persönliche Kommunikation mit Paul Gobster, Oktober 2003). Sollten die Dünen also ›natürlich‹ weiterwachsen, wird das jetzige Volleyballfeld nach Norden verlegt werden müssen, was beim momentanen Stand keine Probleme bereiten dürfte, da der Sandstrand im Norden noch reichlich Platz bietet. Die natürliche Entwicklung der Dünen wurde hier in einen revidierten Plan integriert, es fand – in der in Kapitel 1 eingeführten Terminologie – eine Akkommodation an sich wandelnde natürliche und soziale Bedingungen statt. Es ist hier schwer zu entscheiden, ob der soziale Wandel für die Revidierung des Plans ausschlaggebend war oder ob es die natürliche Dynamik der Dünen war, die zu einer Anpassung führte. Es war, so ist zu vermuten, ein eng gekoppeltes Wechselspiel beider Seiten, das im Begriff der Akkommodation am ehesten erfasst werden kann.

## 5.5 Gesellschaft und Wissenschaft in Kooperation: Die Öffentlichkeit als Gestalter

Greifen wir abschließend die rastenden Vögel auf der »magic hedge« aus den verschiedenen rekursiven Prozessen mit Hilfe unseres in der Einleitung vorgestellten Schemas heraus, so lässt sich dies wie in Abbildung 5.4 vereinfacht darstellen: Von häufig sehr heterogenen Beobachtergruppen wie den eher zufällig vorbeigehenden Spaziergängern, aber auch den gezielten Vogelbeobachtern und den akademischen Ökologen wurden im Laufe der Jahre die Vögel auf der »magic hedge« aus verschiedenen Gründen als Überraschung kommuniziert. Der Kern der Überraschung war, dass sich auf einer eher als Nebensache verstandenen Hecke seltene einheimische Vögel fanden. Dies führte zu einigen Diskussionen, in der eine große Vielfalt der verschiedenen Interessen kommuniziert wurde. Durch die hierdurch angestoßenen Diskussionen wurde jedoch auch eine Wissensdyna-

mik über das Rastverhalten von Vögeln angeregt, um in einer Akkommodation, also einer Reaktion auf natürliche und soziale Veränderungen, zu einer Entscheidung über Eingriff oder Nicht-Eingriff zu gelangen.

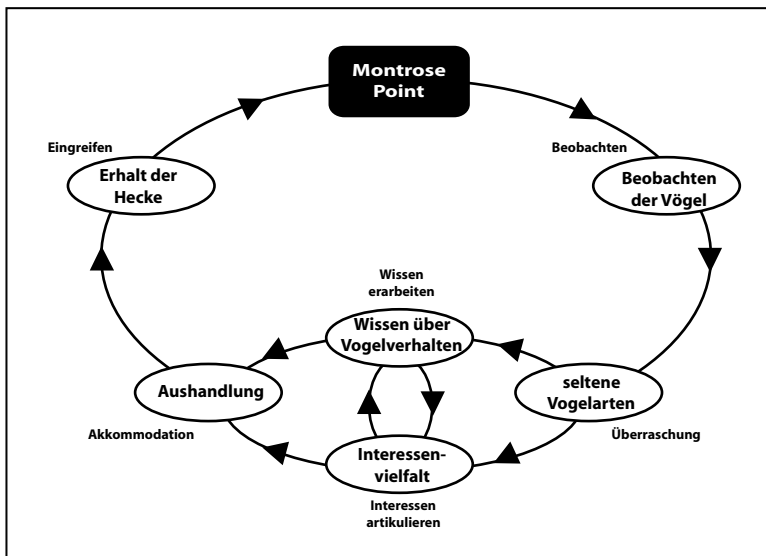
Nach gut zehn Jahren ökologischer Gestaltung der Halbinsel im Norden Chicagos unter Einbezug von organisierten Interessengruppen lässt sich sagen, dass sich die Kooperation zwischen Experten und Laien trotz aller zähen Verhandlungen bezahlt machte. Verschiedene Gesichtspunkte spielen dabei eine Rolle. Da die realexperimentelle Vorgehensweise auf der Halbinsel (Planung, Erwartung einer Überraschung, Monitoring, Dokumentation und Möglichkeit der Akkommodation) in den Alltag der Bewohner eingreift und diese Mitgestalter sind, schafft die Einbindung der Betroffenen eine bessere Legitimationsbasis und veranlasst zu weiteren Akkommodationen. Die Experten wurden in den Verhandlungen gezwungen, die Grenzen der theoretischen Modelle offen zu legen, da die Skepsis der Bewohner gegenüber einer ›wahren‹ und ›objektiven‹ Wissenschaft wuchs. Diese Strategie hilft und half bei der Gestaltung von Montrose Point dabei, das Ausmaß von Enttäuschungen bei Überraschungen zu mindern und den Wissensfundus der beteiligten Gruppen auszuschöpfen. Das insbesondere bei ökologischen Zielsetzungen wichtige lokale und traditionale Wissen, das der Wissenschaft im Labor nicht zugänglich ist, kann in das Design der Projekte einbezogen werden – wie zum Beispiel das der Vogelbeobachter. Paul Gobster und Susan Barro wissen:

»Many stakeholder groups hold higher levels of knowledge about particular restoration issues than do planners or designers leading the process, and outside experts can often provide fresh perspectives from other places and experiences« (Gobster/Barro 2000: 187).

Die zusätzliche Zeit, die zunächst in zähen Verhandlungen und mühsamen Verständigungsprozessen verloren zu gehen schien, wurde wieder aufgeholt. Das Design gewinnt durch die genaue Berücksichtigung lokaler ökologischer und sozialer Gegebenheiten an Robustheit und das Projekt kann auf Unterstützung vor allem auch in Situationen rechnen, in denen Fehler und Misserfolge bewältigt werden müssen. Die Vorgehensweise kann viel besser auf rekursive Lernstrategien angelegt werden, durch die beobachtete positive und negative Ergebnisse in den Gestaltungsprozess eingespeist werden, wie das Beispiel der wachsenden Dünen und des Konfliktes um die »magic hedge« zeigte. Nach einer Implementierung, die wie im Beispiel oben auch durchaus das Abwenden eines geplanten Eingriffs bedeuten kann, wird das Ergebnis erneut zur Beobachtung gestellt.

Die Integrität des Gestaltungsprozesses auf Montrose Point konnte nur gewährleistet werden, weil das rekursive Design es möglich machte, Revi-

Abb. 5.4: Ein rekursiver Lernprozess am Beispiel der »magic hedge«.



sionen und Modifikationen bei Themen, über die man sich zu einem früheren Zeitpunkt einig war, einzuführen. Es lässt sich feststellen, dass in ökologischen Gestaltungen »wissenschaftliche« und »gesellschaftliche« Aktivitäten durch rekursive Lernprozesse aufeinander abgestimmt werden können, um für eine gesellschaftliche Verankerung zu sorgen. Es zeigte sich, wie Strategien kontinuierlich an veränderte gesellschaftliche und natürliche Rahmenbedingungen angepasst werden können. Dabei besteht eine enge Verzahnung zwischen dem wissenserzeugenden und dem gesellschaftlichen Bereich. Ohne wissenschaftliche Inputs wäre das Problem anders oder gar nicht wahrgenommen und andere Strategien gewählt worden. Ohne eine gesellschaftliche Verankerung hingegen hätten die Zielvorgaben gefehlt, vor deren Hintergrund die wissenschaftlichen Abklärungen vorgenommen wurden, und die durchgeführten Eingriffe wären nicht oder nicht in dieser Form durchgeführt worden. Damit wäre den akademischen Wissenschaftlern jedoch auch die Möglichkeit verbaut gewesen, neues Wissen zu erarbeiten. Wenn sich gesellschaftliche Rahmenbedingungen und/oder gesellschaftliche Ziele ändern, so ist es ebenfalls erforderlich, die getroffenen Maßnahmen anzupassen.

Die Verbindung von Wissenserzeugung und Wissensanwendung hat sich bewährt, wie die Ergebnisse aus der Auseinandersetzung um »magic hedge« verdeutlichten. Durch die Gestaltung der Halbinsel kam insbeson-

dere Wissen aus anderen ökologischen Restaurierungsprojekten in Illinois, aber auch aus anderen Regionen der USA zum Tragen. Durch die Anwendung des bestehenden Wissens bildeten sich Widerstände gegen bestehende Theorien der Ornithologie, wodurch wiederum das Grundlagenwissen revidiert werden musste. Montrose Point kann also als eine Verbindung von kontrollierten Randbedingungen mit situationsspezifischen und trotzdem rekonstruierbaren Randbedingungen verstanden werden. Trotz aller immer wieder eintretenden Überraschungen – wie die unvorhersehbaren Wetteränderungen oder sich wandelnde Gestaltungsvorstellungen der beteiligten Akteure – konnten die in den rekursiven Lernprozessen herausgebildeten institutionellen Rahmenbedingungen zu einer robusten Gestaltungsstrategie führen. Viele der ›Erstbeobachtungen‹ eines später zentralen Phänomens für den weiteren Gestaltungsverlauf von Montrose Point wurden von Laien (Spaziergänger, Vogelbeobachter, Volontäre) gemacht. Ihr Stellenwert kann als Initialzündung für viele weitere, eher kontrollierte Feldbeobachtungen der akademischen Wissenschaftler betrachtet werden. Aufgrund prinzipieller Wissensgrenzen kann jedoch nie im Voraus festgelegt werden, wie genau eine ökologische Gestaltung durchzuführen ist: Dies muss als ein fortlaufender Lernprozess aufgefasst werden, denn ökologische Gestaltungen sind in unserem Sinne stets dynamisch und offen.

Im folgenden Kapitel geht es nicht um die Gestaltung eines Stücks Land, das in einen großen Binnensee hineinragt, sondern um die Sanierung eines – deutlich kleineren – Binnensees selbst. Es handelt sich um den Sempachersee im Schweizer Kanton Luzern. Da der Sempachersee ein wichtiges Naherholungsgebiet ist, wurde dem Erfolg der Seesanierung eine hohe Bedeutung beigemessen. Anders als im Fall Montrose Point erfolgte die Seesanierung von Anfang an unter engem Einbezug von Wissenschaftlern.

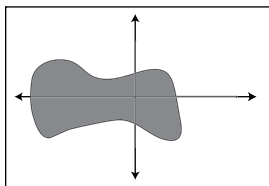




## 6. Vergessenes Wissen und Überraschungen:

### Der Sempachersee als Labor

---



Die Sanierung des Sempachersees ist ein Musterbeispiel für rekursives Lernen unter intensivem Einbezug von Wissenschaftlern und Forschungsergebnissen. Im Gegensatz zu Mkwaja Ranch (Kap. 4) bestand hier bereits zu Beginn der Seesanierung ein umfangreiches Grundla-

genwissen, welches sich sowohl auf die natürliche Dynamik von Seen bezog als auch auf technische Sanierungsmöglichkeiten. Daher kann hier auch nicht von einem ›Hineinrutschen‹ in ein Realexperiment gesprochen werden: Der Fall des Sempachersees zeigt, dass das Auftreten von Überraschungen auch dadurch begünstigt werden kann, dass sehr viel Wissen verfügbar ist und dementsprechend detaillierte Erwartungen darüber bestehen, wie sich ein bestimmter Eingriff auf das zu gestaltende System auswirkt. In einer solchen Situation können umfangreiche Beobachtungen durchgeführt werden, die Aufschluss darüber geben, ob der Eingriff den Erwartungen gerecht wird. Ist dies nicht der Fall, so stehen die beteiligten Experten vor einem Rätsel, das es zu lösen gilt. Dabei können, wie die Sanierung des Sempachersees zeigt, Laborexperimente und kontrollierte Feldexperimente in relativ abgeschlossenen Systemen eine zentrale Rolle spielen. In solchen Situationen können die beiden verschiedenen Traditionen des Experimentierens – das Realexperiment *und* das kontrollierte Experiment – fruchtbar miteinander kombiniert werden. Auf diese Weise kann Wissen entstehen, welches nicht nur für das Gelingen der Gestaltung nützlich ist, sondern das darüber hinaus auch in die internationale Grundlagenforschung einfließen kann.

Der Sempachersee ist ein 16 Quadratkilometer großer See im schweizerischen Kanton Luzern. Das Einzugsgebiet des Sees wird landwirtschaftlich intensiv genutzt. Zugleich ist es recht dicht besiedelt. Während des Zweiten Weltkriegs war die Schweiz darauf angewiesen, sich selbst mit Lebensmitteln zu versorgen. Im Rahmen dieser »Anbauschlacht« wurde die Landwirtschaft auch an Standorten intensiviert, die eigentlich nicht für eine intensive Landwirtschaft geeignet waren. Auch im Einzugsgebiet des Sempachersees wurden damals viele Flächen drainiert. Nach dem Krieg stieg dann die Nachfrage nach Fleisch stark an, und es wurde möglich, Futtermittel in nahezu unbegrenzten Mengen zu transportieren. Zwischen 1951 und 1983 verdreifachten sich daher die Schweinebestände im Einzugsgebiet des Sempachersees (Blum/Felder 1993: 264). Parallel dazu kamen vermehrt phosphathaltige Waschmittel zum Einsatz, sodass die Phosphoreinträge in den Sempachersee massiv zunahmen.

Heute ist nur noch ein kleiner Teil der Bevölkerung in der Landwirtschaft tätig. Der Großteil der Anwohner nutzt den See vor allem als Erholungsraum (Baumann et al. 1993), doch gibt es auch noch einige Fischer. In den 1980er Jahren führte eine starke Eutrophierung im Sommer zu Algenblüten und im Herbst zur Zersetzung der toten Algen; Nasenzeugen berichteten, dass der See bisweilen »wie eine Jauchegrube« gestunken habe. Immer wieder kam es zu Fischsterben, und die sauerstoffarmen Verhältnisse im Tiefenwasser verhinderten die natürliche Vermehrung der wichtigsten einheimischen Fischart, der Felchen (Gächter/Stadelmann 1993: 370f.). Der Sempachersee gehörte damals neben den benachbarten Seen Hallwilersee und Baldeggersee<sup>51</sup> zu den eutrophiertesten Schweizer Seen.

Die folgende Darstellung der Seesanierung beginnt mit einem historischen Rückblick über wichtige limnologische<sup>52</sup> und bodenkundliche Theorien, die für ein Verständnis der getroffenen Maßnahmen wesentlich sind. Anschließend werden kurz die Rahmenbedingungen analysiert, unter denen die Sanierung des Sees erfolgte. Im Mittelpunkt stehen zunächst die limnologischen Untersuchungen, auf deren Grundlage in den 1970er Jahren eine Sanierungsstrategie erarbeitet wurde, die in ihren Grundzügen noch heute verfolgt wird. Anschließend wird die Frage untersucht, wie sich diese Strategie bewährte und wie allmählich ein fundierteres Wissen über die wichtigsten Prozesse im See selbst und in seinem Einzugsgebiet erarbeitet wurde.

**51 |** Alle drei Seen zeichnen sich durch ähnliche Rahmenbedingungen aus: durch drainierte Böden in einem landwirtschaftlich intensiv genutzten Einzugsgebiet. Alle drei Seen liegen (der Hallwilersee teilweise) im Kanton Luzern.

**52 |** Die Limnologie ist die Wissenschaft, die sich mit Oberflächengewässern beschäftigt.

## 6.1 Der Stand des Wissens um 1970

Da um 1970 herum wichtige Weichenstellungen getroffen wurden, soll zunächst das Wissen rekonstruiert werden, welches zu dieser Zeit verfügbar war. Ab Ende der 1960er Jahre wurden im Kanton Luzern erste systematische Untersuchungen über den Zustand der Gewässer durchgeführt, der allmählich als gesellschaftlich relevantes Problem wahrgenommen wurde. Bis 1970 wurde Wissen über drei verschiedene Prozesse erzeugt und gesammelt: über die Eutrophierung, die landwirtschaftlichen Phosphoreinträge und die Dynamik von Phosphor am Seegrund. In den folgenden Abschnitten werden die Prozesse unter diesen drei Wissensaspekten der Reihe nach dargestellt.

### Von der Seenalterung zur Eutrophierung

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts war der Gewässerschutz noch kein politisch brisantes Thema. Zu dieser Zeit begannen die ersten Limnologen, sich mit dem Nährstoffgehalt von Seen zu beschäftigen – zunächst allerdings aus einer ganz anderen Perspektive. Die frühen Limnologen interessierten sich vor allem dafür, wie sie verschiedene Seen klassifizieren konnten – so wie sie auch einzelne Lebewesen klassifizierten. Der damals führende deutsche Limnologe August Thienemann betrachtete jeden See als einen Organismus höherer Ordnung, und die Seetypen waren für ihn »gewissermaßen die verschiedenen ›Arten‹ der Gattung ›See‹« (Thienemann 1926: 74f.). Vor diesem Hintergrund suchte er nach Mustern, auf deren Grundlage er verschiedene Seen voneinander unterscheiden könnte. Er gelangte schließlich zu dem Schluss, dass die Unterschiede zwischen verschiedenen Seetypen mit dem Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser zusammenhängen (ebd.: 59). Während Thienemann sich vor allem mit den Lebensbedingungen von Organismen beschäftigte, untersuchte Einar Naumann zur selben Zeit die Planktonproduktion in schwedischen Seen. Naumann stellte fest, dass diese eng mit dem Nährstoffgehalt eines Sees zusammenhängen. Um diesen Zusammenhang zu beschreiben, wählte er 1919 eine Terminologie, die auf den deutschen Botaniker Carl-August Weber zurückging, der einige Jahre zuvor Pflanzenvereine auf Torfböden charakterisiert hatte, indem er von »eutrophen« (nährstoffreichen), »mesotrophen« (mittelreichen) bzw. »oligotrophen« (nährstoffarmen) Torfschichten sprach (Weber 1907: 25f.).<sup>53</sup> Seitdem werden nährstoffreiche Seen als »eutroph«

**53** | Thienemann übernahm später Naumanns Terminologie und bezeichnete seinen »baltischen Typus« fortan als »eutrophen Typus« und den »subalpinen Typus« als »oligotrophen Typus« (Thieme 1926: 60).

bezeichnet. Das entscheidende Kriterium für die Zuordnung war zunächst die Algenproduktion eines Sees, da es damals noch nicht möglich war, die Nährstoffkonzentrationen verlässlich zu analysieren (Naumann 1932: 13).

Thienemann ging davon aus, dass Seen einem natürlichen Alterungsprozess unterworfen sind, der dazu führt, dass sie sich auf einen Klimaxzustand hin entwickeln. Am Anfang dieser Entwicklung stand für ihn der oligotrophe Zustand, und er ging davon aus, dass die Seen im Laufe ihrer Alterung immer eutropher würden. Aus dieser Perspektive gab es keine Möglichkeit, etwas gegen die Eutrophierung zu unternehmen.

Bereits wenige Jahre später beobachteten Limnologen, dass in einigen Seen rasante Veränderungen zu verzeichnen waren, die offenkundig mit menschlichen Aktivitäten im Zusammenhang standen:

»Von Hause aus gehört der Züricher See zweifellos zum oligotrophen Typus. Seit einigen Jahren hat sich aber, Schritt für Schritt verfolgbare, im unteren Teile des Sees der Übergang zum eutrophen Typus vollzogen und heute hat der See [...] vollständig eutrophen Charakter. Als Ursache für diese Veränderung innerhalb weniger Jahrzehnte ist die Verunreinigung des Seewassers und des Seebodens mit organischer Substanz in erheblicher Menge mit leicht faulem Material, entstammend den Häusern und Industrien der zahlreichen großen Seegemeinden anzusprechen« (Haempel 1930: 68-71).

Damit gab es erste Hinweise auf die Ursachen der Eutrophierung, doch boten sich zunächst noch keine konkreten Handlungsmöglichkeiten, da noch nicht genau bekannt war, auf welche Weise menschliche Eingriffe zur Eutrophierung beitrugen. Während des Zweiten Weltkriegs wurde die Eutrophierung schweizerischer Seen zu einem zunehmend ernstem Problem, welches den Limnologen Eugen Thomas zu systematischen Beobachtungen veranlasste:

»Da nun im Frühjahr die Temperatur, die Belichtung und der Nährstoffgehalt des Oberflächengewässers sehr günstig sind, entwickeln sich die Planktonalgen ins Unermessliche. Etwas später nimmt dank der reichlich vorhandenen Nahrungsalgen auch das Zooplankton stark zu. Bald hat aber die Algenentwicklung ihren Höhepunkt überschritten: gewisse Nährstoffe des Oberflächenwassers sind fast restlos verbraucht, sodass ein großer Teil der Algen gewissermassen den Hungertod erleidet. Die toten Algen sinken in die Tiefe, zersetzen sich und verbrauchen dabei den im Tiefenwasser enthaltenen Sauerstoff. Schon im Juni ist in den drei genannten Seen [Greifensee, Pfäffikersees und Türlensee] das in der Tiefe liegende Wasser für Fische nicht mehr bewohnbar« (Thomas 1944: 162).

Daraus folgte er, dass nicht einfach diffuse menschliche Aktivitäten als Ursache der anthropogenen Eutrophierung angesehen werden konnten, sondern speziell diejenigen Aktivitäten, die zu einer Erhöhung der Nährstoffbelastung von Oberflächengewässern führten. Thomas konnte daher bereits 1944 eine Reihe von Maßnahmen vorschlagen, zu denen unter anderem die Tiefenwasserableitung<sup>54</sup> und das Emporsaugen von Tiefenwasser<sup>55</sup> zählten. Zugleich wies Thomas allerdings auch darauf hin, dass durch diese Maßnahmen nur die Folgen der Eutrophierung bekämpft würden, aber nicht die Ursachen (ebd.: 163f.; 198-200). Zudem war zunächst noch unbekannt, welche Nährstoffe ausschlaggebend waren.

Es lag daher nahe, weitere wissenschaftliche Grundlagen für den Gewässerschutz zu erarbeiten. Thomas tat dies, indem er im Jahre 1953 Wasserproben aus 46 Schweizer Seen entnahm. Er stellte nun fest, dass bei einer Zugabe von Nitrat und Phosphat das Algenwachstum in fast allen Seen deutlich zunahm. Daraus folgte er:

»Aus den dargelegten experimentellen und empirischen Untersuchungen geht hervor, dass in den 46 diskutierten Seen als Minimumstoffe<sup>56</sup> nur Phosphor und Stickstoff in Betracht kommen. Will man also an einem See die Eutrophierung bekämpfen, so muss man abklären, ob man zweckmäßigerweise die Zufuhr von Phosphor-

**54 |** Seen sind den größten Teil des Jahres nicht vollkommen durchmischt, sondern geschichtet. Die verschiedenen Wasserschichten weisen daher unterschiedliche Konzentrationen an Sauerstoff und Nährstoffen auf. Das Tiefenwasser weist meist eine deutlich tiefere Sauerstoff- und eine höhere Phosphorkonzentration auf als das Oberflächenwasser. Bei einer Tiefenwasserableitung fließt Wasser nicht länger über den natürlichen Seeabfluss ab (einen Bach oder Fluss), sondern vielmehr durch ein Rohr, das zur tiefsten Stelle des Sees führt. Dieses Rohr mündet am anderen Ende in den Seeabfluss, allerdings unterhalb des Seespiegels. Daher fließt Wasser unter hydrostatischem Druck durch das Rohr, ohne dass Pumpen erforderlich sind. Da das Tiefenwasser mehr Phosphor enthält als das Oberflächenwasser, wird so mehr Phosphor aus dem See exportiert.

**55 |** Das Emporsaugen von Tiefenwasser hätte dazu geführt, dass sauerstoffhaltiges Oberflächenwasser in die Tiefe des Sees gelangt.

**56 |** Das Konzept des limitierenden Nährstoffs bzw. Minimumstoffs geht auf Liebig zurück (zu Liebig siehe Kapitel 2.4). Er stellte bereits im 19. Jahrhundert fest, dass das Wachstum von Pflanzen jeweils von der Zugabe desjenigen Nährstoffs abhängig, der relativ zu den anderen Nährstoffen am knappsten war. Übertragen auf das Algenwachstum bedeutet dies, dass eine erhöhte Phosphorzufuhr nur dann zu einem vermehrten Algenwachstum führt, wenn Phosphor der limitierende Nährstoff ist. Wenn hingegen das Algenwachstum durch Stickstoff limitiert wird, so bleibt eine weitere Phosphorzufuhr ohne unmittelbare Folgen.

oder von Stickstoffverbindungen verkleinern will. [...] Diese Erkenntnisse erlauben es, das Ziel der Abwasserreinigung inbezug auf die Bekämpfung der Düngerzufuhr für schweizerische Seen maßgebend zu umschreiben. Bei Seen, in denen Phosphat Minimumstoff ist, [...] führt jede vermehrte Phosphatzufuhr zu vermehrter Düngung. Verhindert man diese vermehrte Phosphatzufuhr, so wird man in der Bekämpfung der Eutrophierung sicher Erfolg haben« (Thomas 1953: 77).

Damit war die Grundlage für einen zielgerichteten Gewässerschutz geschaffen: Es ging nun nicht mehr darum, menschliche Aktivitäten pauschal einzuschränken, sondern darum, möglichst wenig Phosphor und Stickstoff in die Gewässer kommen zu lassen. In den 1960er Jahren zeigte sich dann immer deutlicher, dass Phosphor in den meisten Seen der limitierende Nährstoff war. Von besonderer Bedeutung für den praktischen Gewässerschutz war ein Bericht, den der Schweizer Limnologe Richard Vollenweider 1968 im Auftrag der OECD veröffentlichte. Er wertete das damals verfügbare Datenmaterial aus und folgerte, dass Seen mit einem Gesamtposphorgehalt von mehr als  $30 \text{ mg/m}^3$  als eutroph einzustufen seien (Vollenweider 1968).<sup>57</sup> Auf dieser Grundlage basiert auch die schweizerische Gewässerschutzverordnung von 1975, in der ein Qualitätsziel von  $30 \text{ mg/m}^3$  festgehalten wird.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es den Limnologen innerhalb weniger Jahrzehnte gelang, grundlegendes Wissen zu erarbeiten, welches die theoretische Basis für wirkungsvollen Gewässerschutz lieferte. Dieses Wissen war bereits verfügbar, bevor der Zustand der Gewässer in einer breiten Öffentlichkeit als gravierendes Problem wahrgenommen – und bevor der Zustand des Sempachersees als kritisch angesehen wurde. Das Realexperiment der Seesanie rung begann also nicht bei Null, sondern konnte auf gefestigtem Wissen aufbauen. Dazu gehörte, wie im Folgenden gezeigt wird, auch Wissen über Phosphoreinträge.

**57 |** Vollenweider unterschied zwischen fünf Trophieklassen: ultra-oligotroph (unter  $5 \text{ mg/m}^3$ ), oligo-mesotroph ( $5\text{--}10 \text{ mg/m}^3$ ), meso-eutroph ( $10\text{--}30 \text{ mg/m}^3$ ), eu-polytroph ( $30\text{--}100 \text{ mg/m}^3$ ) und polytroph (über  $100 \text{ mg/m}^3$ ). Diese Klassifikation wird heute meist dahingehend vereinfacht, dass eine Phosphorkonzentration oberhalb von  $30 \text{ mg/m}^3$  als »eutroph« und damit als problematisch angesehen wird. Vollenweiders ursprüngliche Klassifikation berücksichtigte neben der Phosphorkonzentration auch die Stickstoffkonzentration (Vollenweider 1968: 18), doch berücksichtigte Vollenweider selbst ab 1976 nur noch die Phosphorkonzentration (Vollenweider 1976: 59).

## Phosphoreinträge: Vom Feldboden zu Glaskügelchen und wieder zurück

Will man den Phosphorgehalt in einem See reduzieren, so gilt es, entweder die Phosphoreinträge in den See zu reduzieren oder aber die Austräge von Phosphor zu erhöhen. Während im vorhergehenden Abschnitt »Von der Seenalterung zur Eutrophierung« gezeigt wurde, wie das Wissen über die Wachstumsdynamik von Algen im Laufe der Zeit zunahm, war es beim Wissen über den Phosphortransport in Böden eher umgekehrt: Hier geriet wertvolles Wissen in Vergessenheit.

Im 19. Jahrhundert beschäftigten sich englische Agronomen mit dem Problem der Phosphorauswaschung aus Böden, da Phosphor damals ein wertvoller Dünger war, dessen Verluste möglichst minimiert werden sollten. Lawes, Gilbert und Warington untersuchten vor diesem Hintergrund 1882 die Infiltration von Wasser in Böden und berücksichtigten dabei die Tatsache, dass ein Boden nicht homogen aus kleinen Poren zwischen den Bodenteilchen besteht, sondern auch aus größeren Kanälen, die heute als »Makroporen«<sup>58</sup> bezeichnet werden. Aus ihrer Beschreibung geht klar hervor, dass Oberflächenwasser nach heftigen Regenfällen über Makroporen in den Boden eindringt (Lawes et al. 1882: 15). Voelcker (1874: 153), auf dessen Resultate sich Lawes und seine Kollegen stützten, hatte beobachtet, dass der Wasserdurchfluss in Drainagerohren nach Regenfällen innerhalb kurzer Zeit stark zunahm. Die dabei beobachteten Phosphorkonzentrationen lagen – umgerechnet in heutige Einheiten – bei etwa 300 mg/m<sup>3</sup> (Lawes et al. 1882: 24), also gut zehnmal höher als das Qualitätsziel der schweizerischen Gewässerschutzverordnung von 1975.

Da das Problem der Eutrophierung zu Lawes Lebzeiten noch nicht bekannt war, konnten er und seine Kollegen die Phosphorauswaschung auch nicht aus limnologischer Perspektive beurteilen. Auch zu dieser Frage bestand jedoch spätestens seit den 1950er Jahren fundiertes Wissen, als der deutsche Limnologe Waldemar Ohle sich mit den Ursachen der raschen Eutrophierung holsteinischer Seen beschäftigte. Ohle (1953) stellte fest, dass dabei ein enger zeitlicher Zusammenhang mit der vermehrten Verwendung von Mineraldüngern bestand. Aus bereits damals publizierten Untersuchungen folgte Ohle, dass die Phosphorkonzentration von Drainagewässern häufig zwischen 200 und 500 mg/m<sup>3</sup> lag. Er beurteilte diese Konzentrationen aus landwirtschaftlicher Sicht als unbedeutend, aus limnologischer Sicht hingegen als problematisch. Auch spätere Studien stellten

**58** | Makroporen resultieren u.a. aus Regenwurmgingen und Wurzelkanälen. In tonreichen Böden bilden sich zudem Schwundrisse, wenn diese Böden austrocknen.

Phosphorkonzentrationen in Drainagewässern fest, die zwischen 12 und 440 mg/m<sup>3</sup> lagen (Ryden et al. 1973: 31). Vor diesem Hintergrund hätte man Anfang der 1970er Jahre – in Verbindung mit den Erkenntnissen von Lawes und seinen Kollegen – davon ausgehen können, dass nach heftigen Regenfällen große Phosphormengen über Drainagerohre in Oberflächen-gewässer gelangen können.

Das Gegenteil war jedoch der Fall: In der wichtigsten schweizerischen Arbeit zu dieser Thematik hielten Furrer und Gächter (1972: 81) fest:

»Es darf die Schlussfolgerung gezogen werden, dass der Boden eine wirksame Barriere gegen P-Verluste durch Auswaschung darstellt; auch intensive P-Düngung erhöht diese Verluste kaum. Dagegen bleibt die Möglichkeit, dass wesentliche P-Mengen durch oberflächlichen Abfluss (run off, Erosion) in die Gewässer gelangen (Wegschwemmung löslichen Düngers kurz nach dem Ausbringen, Wegschwemmung von Erde von der obersten, mit P angereicherten Bodenschicht).«

Diese rückblickend überraschend anmutende Schlussfolgerung basierte auf scheinbar soliden Grundlagen. Ab etwa 1960 beschäftigten sich Bodenkundler mit der mathematischen Beschreibung von Stofftransportprozessen in Böden. Dabei verwendeten sie Methoden, die aus dem Bereich des Chemie-Ingenieurwesens stammten. Die experimentell gewonnenen Daten, auf deren Grundlage die Modellierung erfolgte, sollten reproduzierbar sein. Daher wurden nicht natürliche Böden verwendet, sondern künstliche »Böden« aus Latexkügelchen oder getrocknetem und gesiebttem Sand eingesetzt. Diese Materialien weisen keine Makroporen auf, sondern nur Poren von relativ einheitlicher Größe. Für solche Böden wurden mathematische Beschreibungen entwickelt, die davon ausgehen, dass Wasser im Boden homogen infiltriert, sich also mit einer gleichmäßigen Geschwindigkeit überall im Boden verteilt. Eine gewisse Streuung der Geschwindigkeiten ergibt sich lediglich dadurch, dass Wasser in der Mitte einer Pore schneller fließt als am Porenrand, und dass Wasser in den etwas größeren Poren schneller fließt als in den etwas kleineren.

Auf dieser Annahme basiert die Konvektions-Dispersions-Gleichung, das gängigste mathematische Modell für Stofftransport in Böden (Nielsen/Biggar 1961), die zunächst für Stoffe entwickelt wurde, die kaum an die Oberflächen von Bodenteilchen gebunden werden und sich somit ähnlich wie Wasser bewegen. Substanzen wie Schwermetalle oder Phosphor werden jedoch an Bodenteilchen gebunden, was dazu führt, dass sich immer nur ein geringer Anteil der Substanz in der wässrigen Lösung befindet. Daher bewegen sich diese Stoffe in einem geschütteten Sandhaufen deutlich langsamer als gut lösliche Stoffe wie z.B. Chlorid-Ionen. In einer abgewandelten Form der Advektions-Dispersions-Gleichung wird dies berücksich-



tigt, indem ein so genannter Retardationskoeffizient eingeführt wird, der beschreibt, um wie viel langsamer sich ein Stoff relativ zu Wasser im Boden bewegt. Für Phosphor liegt der Retardationskoeffizient bei etwa 400 (Stamm 1997: 8). Daraus lässt sich abschätzen, dass Phosphor in 100 Jahren nur etwa 40 cm tief in einen typischen Boden eindringt, während Drainagerohre meist in einer Tiefe von 1 m verlegt werden. Daher ergibt sich die theoretisch fundierte Schlussfolgerung, dass praktisch kein Phosphor in Drainagerohre gelangen kann.

Von solchen Überlegungen ging auch Otto Furrer aus, als er 1972 mit René Gächter das damals für die Schweiz verfügbare Datenmaterial zusammenstellte. Er konnte sich dabei auf verschiedene Datensätze stützen, die im Einklang mit der damals gängigen bodenkundlichen Theorie waren. Beobachtungen an der landwirtschaftlichen Versuchsanstalt im englischen Rothamsted deuteten darauf hin, dass die Phosphorkonzentrationen in 40 cm Tiefe auf einem ungedüngten Standort etwa gleich groß sind wie auf einem seit 100 Jahren gedüngten Standort (Furrer 1978). Untersuchungen über den Verlauf der Phosphorkonzentration mit der Bodentiefe zeigten eindeutig auf, dass die Phosphorkonzentration in der Nähe der Bodenoberfläche am größten ist und anschließend rapide abnimmt (vgl. Schwertmann 1973: 191; Furrer 1978: 39f.). Vor diesem Hintergrund folgerte Furrer (1978: 40f.) schlüssig:

»Dank des starken Adsorptionsvermögens unserer Böden wird das Düngerphosphat 100 prozentig vor der Auswaschung geschützt. [...] Der Anteil der Landwirtschaft an der P-Belastung der Gewässer wird oft zu hoch eingeschätzt, indem sämtliche natürliche Quellen der Landwirtschaft angelastet werden. [...] Es darf mit Sicherheit angenommen werden, dass der Beitrag der Landwirtschaft an der gesamten P-Belastung der Gewässer unter 10 % liegt.«

Daher empfahl Furrer, alle Aufmerksamkeit darauf zu lenken, Phosphorverluste aufgrund von Erosion und Oberflächenabfluss<sup>59</sup> zu vermeiden. Er wies allerdings auch darauf hin, dass eine Überdüngung zu unterlassen sei und dass die Tierbestände auf ein vernünftiges Maß beschränkt werden müssten (ebd.: 49). Diese Empfehlungen entsprachen dem Wissen, von dem Schweizer Gewässerschutzexperten in den 1970er Jahren ausgingen. Es basierte auf ›modernen‹ theoretischen Überlegungen und entsprach dem aktuellen Stand des internationalen bodenkundlichen Wissens über

**59** | Hydrologen sprechen von Oberflächenabfluss, wenn Wasser entlang der Bodenoberfläche talwärts fließt, ohne in den Boden zu infiltrieren. Dies ist in der Regel nur bei starken Niederschlägen der Fall, wenn die Böden kein Wasser mehr aufnehmen können.

Stofftransporte. Wissen, welches in der Tradition von Lawes und Ohle erarbeitet worden war, wurde dabei nicht berücksichtigt. Dementsprechend ging man in den 1970er Jahren davon aus, dass Phosphor vor allem durch Abwassereinleitungen in Seen gelangte, und dass Phosphor aus der Landwirtschaft nur durch Oberflächenabfluss und Erosion in Oberflächenengewässer gelangen konnte. Da Oberflächenabfluss und Erosion kaum vermieden werden können, bestand der nahe liegende Ansatzpunkt darin, den Schwerpunkt auf die Entfernung von Phosphor aus dem Abwasser zu legen und Kläranlagen zu bauen.

### **Phosphor-Rücklösung im Wasserglas und in der Wahnbachtalsperre**

Die Entwicklung des Nährstoffgehalts eines Sees hängt, wie bereits erwähnt, stark von den Einträgen und den Austrägen ab. Da Phosphor stark an Partikel gebunden wird, muss jedoch noch ein weiterer Prozess berücksichtigt werden: die Sedimentation von Phosphor. In einem See sterben kontinuierlich Algen ab. Die toten Algen werden zersetzt und sinken ins Sediment des Sees ab. Auf diese Weise wächst das Sediment kontinuierlich Schicht um Schicht. Phosphor wird dabei an sedimentierende Partikel gebunden und ins Sediment eingelagert. Vielen Seen wird durch die Sedimentation mehr Phosphor entzogen als über den Abfluss, sodass dem Prozess der Sedimentation für die Phosphorbilanz eines Sees eine zentrale Rolle zukommt.

Die Grundlagen für das Verständnis der Phosphor-Sedimentation wurden in den 1930er Jahren erarbeitet, als der deutsche Limnologe Wilhelm Einsele Wasserproben aus dem Schleinsee untersuchte. Er untersuchte Proben aus dem See und wiederholte dann aus nicht bekanntem Grund die Messungen nach einigen Tagen, während derer die Proben in offenen Flaschen im Labor gestanden hatten. Zu seiner großen Überraschung stellte er fest, dass die Phosphorkonzentration innerhalb weniger Tage von  $350 \text{ mg/m}^3$  auf weniger als  $100 \text{ mg/m}^3$  abgesunken war. Dieser Befund schien zunächst dem Gesetz der Massenerhaltung zu widersprechen.

Dennoch nahm Einsele seine Ergebnisse ernst und begann nach der Ursache zu suchen. Ihn interessierte insbesondere die Frage, ob sich im See ähnliche Schwankungen des Phosphorgehalts beobachten ließen. Daher beobachtete er die Konzentrationen gelöster Stoffe in verschiedenen Tiefen des Sees. Er stellte fest, dass sowohl die Konzentration von Phosphor als auch die Konzentration von Eisen mit zunehmender Seetiefe sprunghaft zunahm: während noch in 8 m Tiefe mit den damaligen analytischen Techniken kein Phosphor nachweisbar war, fand Einsele in 9 m Tiefe eine Phosphorkonzentration von  $60 \text{ mg/m}^3$  und am Seeboden in knapp 11 m ei-

ne Konzentration von  $330 \text{ mg/m}^3$ . Dasselbe Muster ergab sich für Eisen: hier stieg die Konzentration von  $500 \text{ mg/m}^3$  in 9 m Tiefe auf  $1800 \text{ mg/m}^3$  in 11 m Tiefe (Einsele 1936: 664, Tab. 1).

Einsele konnte sich den Zusammenhang zwischen Eisen- und Phosphorkonzentration zunächst nicht erklären. Weitere Beobachtungen ergaben, dass sowohl die Eisen- als auch die Phosphorkonzentration schlagartig zurückgingen, als am Ende der so genannten Sommerstagnation der Sauerstoffgehalt im Tiefenwasser abrupt anstieg.<sup>60</sup> Einsele erklärte sich diesen Befund damit, dass das im Sediment enthaltene Eisen in reduzierter Form vorliegt, solange das Sediment (und damit das Tiefenwasser) keinen Sauerstoff enthalten.<sup>61</sup> Da reduziertes Eisen wasserlöslich ist, reichert es sich im Tiefenwasser an. Sobald jedoch Sauerstoff in die Tiefe gelangt, wird das Eisen oxidiert. Oxidiertes Eisen ist nicht wasserlöslich und sinkt ins Sediment ab. Gleichzeitig kann oxidiertes Eisen sehr viel mehr Phosphor binden als reduziertes Eisen. Phosphor sinkt daher mit dem oxidierten Eisen ins Sediment ab und wird so aus der Wassersäule entfernt (ebd.: 666f.).

Wenige Jahre später erweiterte der britische Limnologe Clifford Mortimer (1941, 1942) das Wissen über die Vorgänge an der Sediment-Wasser-Grenzfläche, indem er Verfahren entwickelte, um die Stoffkonzentrationen nicht nur im Tiefenwasser zu bestimmen, sondern auch im Sediment.<sup>62</sup> Zudem untersuchte er Sedimentproben im Labor und erfasste mit Hilfe von Elektroden das Redoxpotential<sup>63</sup> in verschiedenen Tiefen des Sediments. Er verglich dabei ein luftdicht abgeschlossenes Gefäß mit einem offenen Gefäß und bestimmte die Rate, mit der Eisen und Phosphor aus dem Sediment freigesetzt wurden. Wie aufgrund von Einseles Befunden zu erwarten war, stellte Mortimer fest, dass die Konzentration von Phosphor und Eisen im luftdichten Gefäß rapide anstieg, sobald der Sauerstoff im Sediment aufgebraucht worden war. Im offenen Gefäß blieb die Sedimentoberfläche hingegen oxidiert, und Mortimer beobachtete keine signifikante Freisetzung von Eisen und Phosphor (Mortimer 1941: 322f.). Aus der Einsele-Mortimer-Theorie ging hervor, dass die Phosphor-Rücklösung aus dem

**60** | Während der Herbstzirkulation kühlt das Oberflächenwasser stark ab, so dass es zu einer vertikalen Durchmischung kommt. Sauerstoffreiches Oberflächenwasser wird dann mit dem Tiefenwasser durchmischt.

**61** | Während des Sommers sinkt die Sauerstoffkonzentration im Sediment ab, da Sauerstoff bei der Zersetzung von Algen aufgebraucht wird. Dies ist der umgekehrte Prozess der Photosynthese, bei der Sauerstoff gebildet wird.

**62** | Einsele war noch daran gescheitert, dass Seesediment zu 97 Prozent aus Wasser besteht und daher nicht ›fassbar‹ ist (Einsele 1936: 669).

**63** | Das Redoxpotential gibt Aufschluss darüber, inwiefern oxidierende (sauerstoffreiche) oder reduzierende (sauerstofffreie) Verhältnisse vorliegen.

Sediment massiv höher ist, wenn im Sediment sauerstofffreie Bedingungen herrschen. Will man verhindern, dass ein Großteil des ursprünglich sedimentierten Phosphors rückgelöst wird, so liegt der Versuch nahe, im Sediment sauerstoffreiche Verhältnisse sicherzustellen. Auf dieser Grundlage basierte ein Belüftungsexperiment, welches in der Wahnachtalsperre durchgeführt wurde. Bereits ein Jahr nach der Inbetriebnahme der Talsperre hatte sich gezeigt, dass im Tiefenwasser der Talsperre kaum Sauerstoff enthalten war. Dies führte dazu, dass wasserlösliches reduziertes Mangan aus dem Sediment freigesetzt wurde, was die Trinkwasseraufbereitung massiv erschwerte. Beobachtungen in der Wahnachtalsperre deuteten wie erwartet darauf hin, dass die Sauerstoffkonzentration im Tiefenwasser durch die Belüftung massiv erhöht werden konnte, und dass zeitgleich die Phosphor- und Mangankonzentrationen im Wasser deutlich abnahmen (Bernhardt/Hötter 1967: 411f.; 424f.). Daraus folgerten die Betreiber der Talsperre, dass die Belüftung eine wirkungsvolle Maßnahme zur Bekämpfung der Eutrophierung sei.

## 6.2 Vom ComputermodeLL zur Seenbelüftung: Die Sanierung des Sempachersees

Fasst man die drei oben beschriebenen Wissensaspekte zusammen, so ergab sich um 1970 die folgende Situation: Es war bekannt, dass die Eutrophierung von Gewässern ein gesellschaftlich relevantes Problem sein kann. Als erstrebenswert wurde eine Phosphorkonzentration von höchstens 30 mg/m<sup>3</sup> angesehen. Phosphoreinträge aus landwirtschaftlichen Quellen erschienen vernachlässigbar, sodass der Phosphoreintrag über das Abwasser als wichtigster Eintragsmechanismus angesehen werden musste. Sollte die Phosphorkonzentration trotz Gewässerschutzmaßnahmen massiv zu hoch sein, so erschien eine Belüftung als geeignete Lösung, um den Zustand eines Sees zu verbessern.

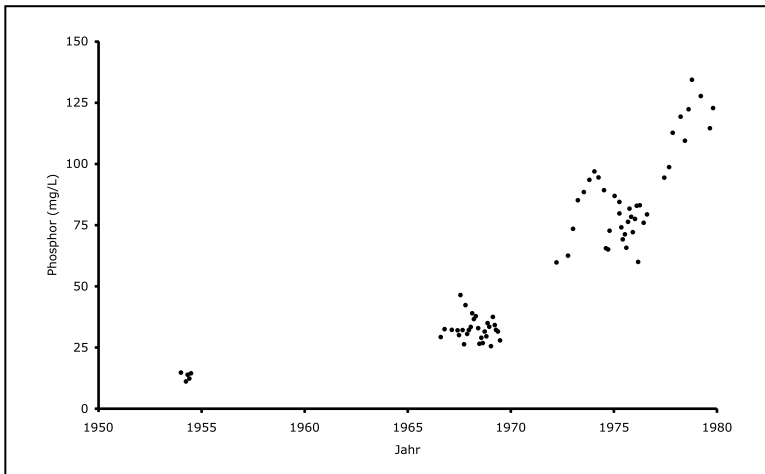
Bereits 1954 wurden der Sempachersee und seine Zuflüsse von Eugen Thomas monatlich untersucht. Die Phosphoreinträge lagen damals in der Größenordnung von vier Tonnen pro Jahr (AfU 1999: 56), und die Phosphorkonzentration<sup>64</sup> lag unter 15 mg/m<sup>3</sup>. 1959 wurde im Kanton Luzern das Amt für Gewässerschutz gegründet, das zwischen 1966 und 1967 eine zweite Serie von Zuflussuntersuchungen durchführte (Gächter/Stadelmann 1993: 344). Zu dieser Zeit waren die Phosphoreinträge auf etwa 10 Tonnen

**64** | Die im Folgenden genannten Phosphorkonzentrationen basieren auf un-  
veröffentlichten Daten der EAWAG bzw. des Luzerner Amts für Umweltschutz.

pro Jahr angestiegen, und die Konzentration im See lag im Bereich der als kritisch erachteten  $30 \text{ mg/m}^3$ .

Damit war klar, dass etwas getan werden musste, um einem weiteren Fortschreiten der Eutrophierung vorzubeugen. Da um dieselbe Zeit in der Schweiz erste Kläranlagen gebaut wurden, lag es nahe, in den Einzugsgebieten eutrophierter Seen zunächst einmal Kläranlagen in Betrieb zu nehmen. Der Bau von Kläranlagen konnte 1975 als weitgehend abgeschlossen angesehen werden (Interview Pius Stadelmann, November 1998).

*Abb. 6.1: Verlauf der Phosphorkonzentration des Sempachersees bis 1980*



Quelle: unveröffentlichte Daten der EAWAG

Es wäre daher zu erwarten gewesen, dass eine deutliche Reduktion der Phosphoreinträge auch zu einer deutlichen Abnahme der Phosphorkonzentrationen im Sempachersee führt. Beobachtet wurde jedoch das Gegenteil: zwischen 1970 und 1975 nahm die Phosphorkonzentration im Sempachersee massiv zu, auf nahezu  $100 \text{ mg/m}^3$  (vgl. Abb. 6.1). Diese Entwicklung war für das Gewässerschutzamt alarmierend, da sie zeigte, dass der zweifelsfrei sinnvolle Bau von Kläranlagen nicht ausreichte, um das Problem der Eutrophierung in den Griff zu bekommen.

### Die EAWAG-Gutachten

Wegen des alarmierenden Zustands beauftragte der zuständige Luzerner Regierungsrat Krummenacher im Mai 1976 die »Eidgenössische Anstalt für

Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz« (EAWAG) mit einem Gutachten, um mögliche Maßnahmen zur Sanierung der Seen zu erarbeiten. Zwischen 1976 und 1979 arbeiteten die Experten der EAWAG an parallelen Gutachten über die Sanierung des Baldeggersees, des Hallwilersees und des Sempachersees. Sie stützten sich dabei einerseits auf das bestehende Wissen über landwirtschaftliche Phosphoreinträge, Seebelüftung und Phosphor-Rücklösung, erhoben andererseits aber auch zusätzliche Daten.

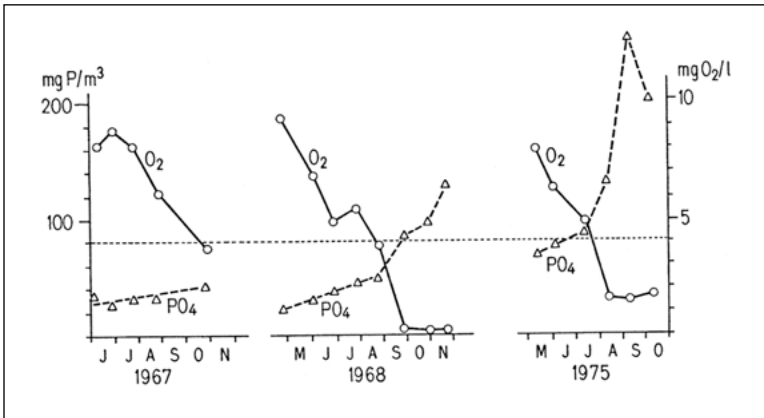
Im Gegensatz zu den Betreibern der Wahnachtalsperre ging das EAWAG-Team nicht mehr davon aus, dass die Phosphor-Rücklösung ganz unterbunden werden könnte, wenn es gelänge, die Sedimentoberfläche in einem oxidierten Zustand zu erhalten. Verschiedene Studien, die in den 1970er Jahren durchgeführt worden waren, deuteten darauf hin, dass auch unter so genannten aeroben<sup>65</sup> Bedingungen eine signifikante Rücklösung zu erwarten war (vgl. Lee et al. 1977). Daher konnte nicht mehr damit gerechnet werden, mit Hilfe einer Belüftungsanlage innerhalb kurzer Zeit das angestrebte Qualitätsziel von 30 mg/m<sup>3</sup> zu erreichen. Erforderlich war es vielmehr, verschiedene mögliche Strategien auf ihre Wirksamkeit hin zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurde ein mathematisches Seemodell entwickelt, welches die Auswirkungen verschiedener Szenarien auf den Sauerstoff- und Phosphorhaushalt des Sees berechnete.

Ähnlich wie Einsele und die Betreiber der Wahnachtalsperre untersuchte auch das EAWAG-Team den zeitlichen Verlauf der Phosphor- und Sauerstoffkonzentrationen am Seegrund, allerdings aus einer anderen Perspektive: Es ging jetzt nicht mehr um die Frage, *ob* die Rücklösung bei hohem Sauerstoffgehalt geringer ist, sondern in erster Linie darum festzustellen, *unterhalb welcher* Sauerstoffkonzentration die anaerobe Rücklösung einsetzt. Diese Frage war von zentraler Bedeutung, weil das verwendete Seemodell auf dem Konzept einer kritischen Sauerstoffkonzentration beruhte.

Ausgewertet wurden die Konzentrationsverläufe für die Jahre 1967, 1968 und 1975. Dabei zeigte sich wie bei Einseles klassischen Beobachtungen, dass der Phosphorgehalt mit sinkendem Sauerstoffgehalt anstieg (Abb. 6.2).

**65 |** *Aerobe* Bedingungen herrschen vor, wenn Sauerstoff vorhanden ist. Im umgekehrten Fall spricht man von *anaeroben* Bedingungen. Unter aeroben Bedingungen liegt Eisen im Sediment in seiner oxidierten Form vor, sodass die Rückhaltekapazität für Phosphor höher ist als unter anaeroben Bedingungen, wenn Eisen in der reduzierten Form vorliegt.

Abb. 6.2: Phosphor- und Sauerstoffkonzentrationen an der tiefsten Stelle des Sempachersees



Quelle: EAWAG 1979: 35

Das EAWAG-Team folgerte aus diesen Daten, »dass die Freisetzung von Orthophosphat<sup>66</sup> an der Sedimentoberfläche erst dann massiv einsetzt, wenn die Sauerstoffkonzentration in 85 m Tiefe unter 4 mg O<sub>2</sub>/l absinkt« (EAWAG 1979: 35).

Ähnlich wie Mortimer (vgl. Kap. 6.1, S. 145) führten die EAWAG-Mitarbeiter zudem Experimente mit Sedimentkernen durch. Mortimers Befunde konnten dabei bestätigt werden: Die Rücklösungsrate war unter aeroben Bedingungen deutlich kleiner als unter anaeroben Bedingungen. Entsprechend wurden die Befunde ebenso wie die Konzentrationsprofile (Abb. 6.2) als Indiz dafür interpretiert, dass eine Belüftung auch im Sempachersee erfolgreich sein würde (Interview René Gächter, Juni 1998).

Auf der Grundlage von Sedimentkernexperimenten konnte allerdings noch nicht der Nachweis erbracht werden, dass die beobachteten Prozesse am gesamten Seegrund so abliefen. Es erschien daher sinnvoll, anhand von Massenbilanzrechnungen<sup>67</sup> zu untersuchen, wie hoch die Phosphor-Sedimentation im gesamten See sei. Dabei wurden die neuesten Ergebnisse

**66** | Orthophosphat ist ein Sammelbegriff für verschiedene Phosphorformen.

**67** | Die Phosphormenge im See sowie die Größe der Einträge und Austräge können *direkt* gemessen werden; die sedimentierte Menge kann dagegen mit Hilfe von Massenbilanzrechnungen *indirekt* abgeschätzt werden. Bei solchen Massenbilanzrechnungen wird angenommen, dass die Veränderung der Phosphormenge im See aus den drei Prozessen Einträge, Austräge und Sedimentation resultiert.

der Zuflussuntersuchungen verwendet, die im Rahmen der Arbeiten für das Gutachten durchgeführt worden waren und die darauf hindeuteten, dass die Einträge mittlerweile auf etwa 15 Tonnen pro Jahr angestiegen waren (AfU 1999: 56) – also gegenüber der Periode 1966/67 um etwa 50 Prozent zugenommen hatten. Aus den Berechnungen<sup>68</sup> ging hervor, dass die Phosphorsedimentation in den 1960er Jahren am höchsten war, also zu einem Zeitpunkt, als die Sauerstoffversorgung des Sediments vermutlich noch recht gut war. Auch diese Resultate wurden als Indiz dafür interpretiert, dass die Phosphor-Rücklösung im Sempachersee von den Sauerstoffbedingungen an der Sedimentoberfläche abhängt, da andernfalls zu erwarten gewesen wäre, dass die Sedimentation mit steigendem Phosphorgehalt des Sees zunimmt (EAWAG 1979: 32).

Aus der Sicht des EAWAG-Teams deutete nun alles darauf hin, dass die bestehenden Theorien auch auf den Sempachersee anwendbar wären. Damit erschien es auch möglich, auf der Grundlage eines mathematischen Modells zu prognostizieren, wie sich der Zustand des Sees aufgrund verschiedener Maßnahmen verändern würde. Wie das EAWAG-Team beschrieb, wurde zunächst das Modell an die Messdaten angepasst und für zuverlässig erachtet (ebd.: 42). Anschließend wurde auf der Grundlage des Modells abgeschätzt, auf welchem Niveau sich die Phosphorkonzentration im See einpendeln würde, falls die Einträge gleich hoch blieben. In diesem Fall wäre bei etwa 300 mg/m<sup>3</sup> ein Gleichgewicht zu erwarten gewesen (ebd.: 45) – also bei einer Konzentration, die zehnmal höher war als das angestrebte Qualitätsziel. Das EAWAG-Team schloss daraus auf einen dringenden Handlungsbedarf:

»Aufgrund dieser [...] Prognosen [...] muss gefolgert werden, dass sich der Zustand des Sees rasch weiter verschlechtern wird, wenn nicht sofort die Phosphorbelastung reduziert werden kann, und/oder seeinterne Massnahmen ergriffen werden, welche den P-Export (z.B. Tiefenwasserableitung) oder den P-Einbau in die Sedimente (z.B. Belüftung) erhöhen« (EAWAG 1979: 46).

Vor diesem Hintergrund wurden Maßnahmen gesucht, auf deren Grundlage es realistisch erschien, innerhalb von zehn Jahren die Phosphorkonzentration auf maximal 20 bis 30 mg/m<sup>3</sup> zu reduzieren und gleichzeitig die Sauerstoffkonzentration überall im See ganzjährig auf mindestens 4 mg/l

**68 |** Die Berechnungen sind insofern problematisch, als die meisten Datenpunkte auf sehr groben Schätzungen basierten. Messdaten lagen nur für die Jahre 1954, 1967, 1970, 1975 und 1976/77 vor. Für die übrigen Jahre wurden interpolierte Daten verwandt.



zu stabilisieren (ebd.: 48f.). Auf der Grundlage des Seemodells wurden daher verschiedene Varianten von Einzelmaßnahmen durchgerechnet:

- Eine Halbierung der Einträge: In diesem Fall wäre die Phosphorkonzentration im See kaum reduziert worden. Selbst bei einer Reduktion der Einträge um drei Viertel wäre das angestrebte Ziel erst nach 20 Jahren erreichbar gewesen. Aus diesem Befund wurde gefolgert, dass der See mit einer Reduktion der Einträge allein nicht saniert werden könne, dass aber trotzdem mit allen Mitteln versucht werden solle, die Phosphorbelastung so rasch wie möglich zu reduzieren (ebd.: 48f.).
- Eine Tiefenwasserableitung: Selbst unter optimistischen Annahmen hätte eine Tiefenwasserableitung bei gleich bleibenden Einträgen nicht verhindert, dass die Phosphorkonzentration weiter geringfügig ansteigt (ebd.: 49-53).
- Eine Belüftung des Tiefenwassers, wie zum Beispiel bei der Wahnbach-talsperre (vgl. Kap. 6.1, S. 146): Bei dieser Maßnahme wäre bei gleich bleibenden Einträgen mit einer geringfügigen Abnahme der Phosphorkonzentration zu rechnen, doch wäre die Sauerstoffkonzentration im Tiefenwasser weiterhin zu stark abgesunken (ebd.: 54f.).

Somit ergab sich als ernüchternde Schlussfolgerung, dass keine der Maßnahmen für sich allein genommen ausgereicht hätte, um die angestrebten Ziele zu erreichen, obwohl die Berechnungen jeweils auf ausgesprochen optimistischen Annahmen basierten (ebd.: 57). Selbst die »see-interne Maximalvariante«, bei der eine Belüftung mit einer Tiefenwasserableitung kombiniert worden wäre, hätte lediglich zu einem Absinken der Phosphorkonzentration auf etwa 60 mg/m<sup>3</sup> geführt. Daraus folgerte das EAWAG-Team, »dass mit seeinternen Maßnahmen allein das Sanierungsziel nicht erreicht werden kann, wenn nicht gleichzeitig die externe Phosphorbelastung des Sees entscheidend vermindert wird« (ebd.: 58).

Deutliche Verbesserungen erschienen jedoch realistisch, wenn see-interne Maßnahmen mit einer Halbierung der Einträge verbunden wurden. Im Fall einer Tiefenwasserableitung wäre innerhalb von zehn Jahren mit einem Absinken der Phosphorkonzentration auf 50 mg/m<sup>3</sup> zu rechnen gewesen. Wäre stattdessen eine Belüftung verwendet worden, so wäre die Phosphorkonzentration laut Modell sogar noch etwas stärker zurückgegangen (ebd.: 58-60). Daher folgerte das EAWAG-Team, dass see-interne Maßnahmen mit einer deutlichen Reduktion der Phosphoreinträge verbunden werden müssten (ebd.: 42-64).

## Gewässerschutz in den 1980er Jahren

Als Reaktion auf das EAWAG-Gutachten schrieben die Kantone Luzern und Aargau am 1. Mai 1980 einen Projektwettbewerb aus, in dem Vorschläge für die Sanierung des Sempachersees, des Hallwilersees und des Baldeggersees erarbeitet werden sollten. Aus elf eingereichten Projekten wurden für den Sempachersee zunächst zwei Projekte ausgewählt: eines auf der Grundlage einer Tiefenwasserableitung, und eines, bei dem eine Belüftung mit einer Zwangszirkulation verbunden wurde (Zimmermann/Knoepfel 1987: 51). Da der Abfluss des Baldeggersees in den Hallwilersee mündet, kam für den besonders stark eutrophierten Baldeggersee eine Tiefenwasserableitung nicht in Frage (Interview Pius Stadelmann, November 1998).<sup>69</sup> Im Baldeggersee wurde daher bereits 1982 eine Anlage des Typs »Tanytar-sus« installiert. Dieses System verbindet eine Belüftung mit einer Zwangszirkulation: Im Sommer werden vom Seegrund aus feine Blasen reinen Sauerstoffs in den See eingeblasen, die nur bis in eine gewisse Distanz aufsteigen und so dafür sorgen, dass der Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers ansteigt. Im Winter werden hingegen große Luftblasen in den See eingeblasen, die bis zur Wasseroberfläche aufsteigen und die so vertikale Durchmischung des Sees unterstützen, sodass sauerstoffreiches Oberflächenwasser in die Tiefe gelangt (Gächter/Wehrli 1998).<sup>70</sup>

Die Erfahrungen mit der Belüftung des Baldeggersees deuteten zunächst darauf hin, dass der Phosphorgehalt des Sees nach Beginn der Belüftung deutlich rascher abnahm als zuvor. Imboden (1985) folgerte, dass dies vermutlich darauf zurückzuführen sei, dass der Phosphor-Rückhalt im Sediment von etwa drei Tonnen jährlich auf etwa neun Tonnen jährlich genommen habe. Da der Sempachersee dem Baldeggersee bezüglich Tiefe, Größe des Einzugsgebiets und Windexposition stark ähnelt, bestand kein

**69 |** In diesem Fall wäre das phosphorhaltige Tiefenwasser des Baldeggersees direkt in den Hallwilersee weitergeleitet worden.

**70 |** Im Sommer ist eine vertikale Durchmischung des Sees unerwünscht, weil andernfalls Phosphor aus dem Tiefenwasser ins Oberflächenwasser gelangen und dort das Algenwachstum zusätzlich ankurbeln würde. Reiner Sauerstoff ist zwar deutlich teurer als Luft. Wäre jedoch stattdessen Luft verwendet worden, so hätte sehr viel mehr Gas in den See eingeblasen werden müssen, und es hätte die Gefahr einer Gasübersättigung bestanden, die bei Fischen das so genannte »Gasblasensyndrom« hervorrufen kann (EAWAG 1996: 15ff.). Beim Gasblasensyndrom reichert sich das Gewebe von Fischen mit gelöstem Gas an, bis es schließlich zu tödlichen Embolien kommt. Eine Gasübersättigung tritt vor allem im Frühjahr ein, wenn bei starkem Algenwachstum in oberflächennahen Wasserschichten große Mengen an Sauerstoff durch Photosynthese freigesetzt werden.

Grund, an der Wirksamkeit einer Belüftung des Sempachersees zu zweifeln (Telefongespräch mit Heinrich Bühler, April 1999).

Einen wesentlichen Einfluss auf die Wahl der Sanierungsmaßnahmen hatte eine öffentliche Anhörung, an der auch die Bevölkerung beteiligt wurde (Zimmermann und Knoepfel 1987: 51). Dabei bezog ein Berufsfischer dezidiert Stellung gegen eine Tiefenwasserableitung (Interview René Gächter, Juni 1998; Interview Pius Stadelmann, November 1998).<sup>71</sup> Er argumentierte, der See brauche keinen »künstlichen Darmausgang«, da er viele Jahrhunderte zuvor auch ohne einen solchen in gutem Zustand geblieben sei. Vor allem aber wehrte er sich dagegen, dass das Wasser im Seeabfluss bei einer Tiefenwasserableitung im Sommer 4 Grad kalt gewesen wäre, und argumentierte, dass dann die Pappeln am Ufer des Baches eingehen würden, wenn ihre Wurzeln mit kaltem Wasser umspült werden.

Vor diesem Hintergrund fiel schließlich die Entscheidung für das Belüftungssystem »Tanytarsus«. Im November 1983 wurde der »Gemeindeverband Sempachersee« gegründet, dem die Anliegergemeinden des Sees angehören. Der Verband ist seither Träger der Belüftungsanlage, die im Juli 1984 in Betrieb genommen wurde, und setzt sich zugleich für see-externe Maßnahmen ein (Zimmermann/Knoepfel 1987: 51).

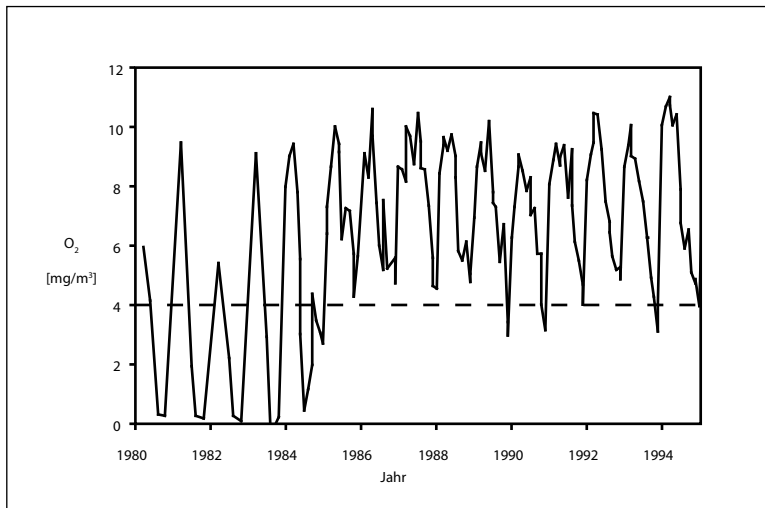
Seit Inbetriebnahme der Belüftungsanlage führt die EAWAG im Auftrag des Luzerner Umweltschutzamtes regelmäßige Beobachtungen der Sauerstoff- und Phosphorkonzentrationen durch. Vor allem in den ersten Jahren nach Inbetriebnahme der Anlage verfasste die EAWAG zudem ausführliche jährliche Berichte über den Stand der Seesanierung. Damit war sichergestellt, dass mögliche Veränderungen des Seezustands rasch identifiziert werden konnten. In erster Linie sollten damit ein störungsfreier Betrieb sichergestellt und Optimierungen des Belüftungsmodus ermöglicht werden. Am Erfolg der Belüftung wurde nicht gezweifelt, sodass die Datenerhebung nicht in erster Linie darauf ausgerichtet war, die Wirksamkeit zu überprüfen (Gespräch mit Pius Stadelmann, Januar 1998). Zwischen 1979 und 1984 wurden daher keine Zuflussuntersuchungen durchgeführt, die erforderlich gewesen wären, um Massenbilanzrechnungen für den unbelüfteten See zu erstellen.

Ein wichtiges Ziel der Belüftung bestand darin, die Sauerstoffkonzent-

**71 |** Gächter (Interview, Juni 1998) sieht beim Fischer in erster Linie ein eigennütziges Motiv für den Widerstand: Der Fischer betrieb eine Brutanstalt und war daher darauf angewiesen, Plankton zu fangen. Da er sein Haus am Ausfluss des Sees hatte, konnte er sein Netz einfach in den Bach hängen. Bei einer Tiefenwasserableitung wäre dies nicht mehr möglich gewesen. Gleichzeitig gesteht Gächter dem Fischer jedoch auch zu, ein »ehrlicher Umweltbeobachter« gewesen zu sein, der lange vor den EAWAG-Wissenschaftlern ein ausgeprägtes Gefühl für Nachhaltigkeit hatte.

ration im Tiefenwasser zu erhöhen. Angestrebt wurde über das ganze Jahr eine Minimalkonzentration von 4 mg/l. Aus den Messdaten (vgl. Abb. 6.3) geht eindeutig hervor, dass die Belüftung in diesem Sinne wirkungsvoll war: Seit 1985 sank die Sauerstoffkonzentration nur selten unter den angestrebten Wert. Das zweite wichtige Ziel bestand in einer Verminderung der

Abb. 6.3: Sauerstoffkonzentration im Tiefenwasser des Sempachersees (berechnet nach Daten der EAWAG)



Die gestrichelte Linie bezeichnet das Qualitätsziel von 4 mg Sauerstoff pro Liter.

**Phosphor-Rücklösung.** Vor dem Hintergrund des verfügbaren Wissens war zu erwarten, dass die Rücklösung dank ausreichender Sauerstoffversorgung des Sediments deutlich zurückgehen würde.

Auf Seiten der EAWAG war der Limnologe René Gächter für die Belüftung des Sempachersees zuständig. Er entschied sich für eine einfache Abschätzung, um den Erfolg der Belüftung zu überprüfen. Dabei ging er davon aus, dass die aerobe Phosphor-Rücklösung im Vergleich zur anaeroben Rücklösung vernachlässigbar klein sei (Interview René Gächter, Juni 2000). Zudem nahm er an, dass seit Beginn der Belüftung überall im See jederzeit aerobe Bedingungen herrschten. Unter diesen vereinfachenden Annahmen wäre davon auszugehen gewesen, dass praktisch keine Rücklösung mehr auftritt. Die im Sediment zurückgehaltene Phosphormenge hätte dann der Phosphormenge entsprochen, die ins Sediment absinkt. Die zurückgehaltene Phosphormenge konnte auf der Grundlage von Massenbilanzrech-

nungen, und die sedimentierte Menge mit Hilfe von Sedimentationsfallen abgeschätzt werden konnte. Aus einem Vergleich der beiden Größen ergab sich zu Gächters Erstaunen, dass lediglich 20 Prozent des sedimentierten Phosphors dauerhaft im Sediment gebunden blieben.

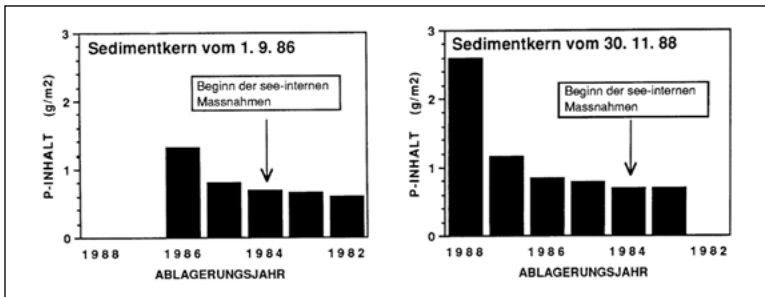
Ein zweiter Abschätzungsansatz bestand darin, die Veränderung des Phosphorgehalts im Tiefenwasser zu berechnen. Da ein See während der Sommerstagnation geschichtet ist, findet kaum ein Austausch zwischen Tiefen- und Oberflächenwasser statt. Eine Zunahme der Phosphormenge im Tiefenwasser zwischen Frühling und Herbst ist in erster Linie auf die Rücklösung zurückzuführen. Zu erwarten war daher, dass die Sommer-Phosphorakkumulation im Tiefenwasser im belüfteten See deutlich geringer ausfällt als im unbelüfteten See. Aus Berechnungen ergab sich für die Sommer zwischen 1979 und 1983 eine Zunahme um  $15,8 \pm 2,6$  t, und für die Sommer zwischen 1984 und 1986 eine Zunahme um  $13,8 \pm 3,9$  t (Gächter et al. 1989: 337). Dieser Unterschied war nicht signifikant.

Beide Auswertungen stellten den Erfolg der Belüftung bezüglich des Phosphor-Rückhalts fundamental in Frage. Obwohl Gächter Messergebnissen gegenüber grundsätzlich kritisch eingestellt war, hielt er die Daten in diesem Fall für zuverlässig. Das Ergebnis war daher für ihn ein Schock; er verstand zunächst »Gott und die Welt nicht mehr« (Interview Gächter, Juni 1998). Diese Überraschung veranlasste ihn, nach Erklärungen zu suchen.

## Das Sedimentstapelkonzept

Für Gächter war es nun nahe liegend, die Frage zu untersuchen, was im Sediment passiert war. Zwei Jahre nach Belüftungsbeginn, 1986, entnahm er an der tiefsten Stelle des Sees einen Sedimentkern, der Schicht für Schicht analysiert wurde (Abb. 6.4).

Abb. 6.4: Sedimentkern-Analysen aus dem Sempachersee



Quelle: Gächter et al. 1989: 338

Bei einem Erfolg der Belüftung wäre zu erwarten gewesen, dass die seit Beginn der Belüftung abgelagerten Sedimentschichten<sup>72</sup> einen deutlich höheren Phosphorgehalt aufweisen würden als die zuvor abgelagerten Sedimentschichten. Die Daten deuteten jedoch darauf hin, dass nur die jüngste Sedimentschicht aus dem Jahre 1986 einen leicht höheren Phosphorgehalt aufwies, während die Schicht aus dem Vorjahr sich kaum von den älteren Jahresschichten unterschied. Auch dieser Befund deutete darauf hin, dass der Phosphor-Rückhalt durch die Belüftung kaum zugenommen hatte.

Um diese Überraschung erklären zu können, änderte Gächter die Betrachtungsweise. Er stellte sich nun nicht mehr die Frage, *ob* das Sediment als Ganzes aerob oder anaerob sei, sondern er untersuchte, *wie dick* die oberste aerobe Schicht war, und von welchen Faktoren die Schichtdicke abhing. Dabei profitierte er davon, dass in den frühen 1980er Jahren die Vorgänge an der diffusiven Grenzschicht zwischen Sediment und Wasser intensiv untersucht worden waren – wie zum Beispiel bei Jørgensen und Des Marais (1990) oder Santschi et al. (1990). Aus diesen Arbeiten ging hervor, dass die Sauerstoffnachlieferung ins Sediment entscheidend von der Dicke der diffusiven Grenzschicht abhängt, und dass die Sauerstoffzehrung im Sediment vieler eutropher Seen schneller ist als die Sauerstoffnachlieferung. Dementsprechend ist die sauerstoffhaltige Oberflächenschicht häufig nur wenige Millimeter dick (Santschi et al. 1990: 280).

Vor dem Hintergrund dieses Wissens betrachtete Gächter das Sediment daher nicht mehr als statisches System, dessen Zustand lediglich von der Sauerstoffkonzentration im Tiefenwasser abhängt, sondern als dynamisches System, dessen Zustand zeitlichen Veränderungen unterliegt. Er ging dabei von der Überlegung aus, dass die oberste Sedimentschicht im Laufe der Zeit begraben wird. Das frisch sedimentierte Material wird dabei zer setzt, und dabei wird Sauerstoff verbraucht. Ehemals aerobe Schichten werden daher allmählich anaerob. Lediglich an der Sedimentoberfläche bleibt eine aerobe Schicht erhalten, die eine relativ hohe Rückhaltekapazität für Phosphor aufweist. Die tieferen Schichten hingegen, die keinen Sauerstoff mehr enthalten, weisen lediglich die anaerobe Rückhaltekapazität für Phosphor auf.

Untermauert wurde dieses Konzept durch die Resultate eines zweiten Sedimentkerns, der 1988 an der tiefsten Stelle des Sempachersees entnommen wurde (Abb. 6.4 rechts). Lediglich die frischeste Jahresschicht wies einen markant höheren Phosphorgehalt auf. Die 1986 abgelagerte Schicht enthielt hingegen deutlich weniger Phosphor als die entsprechende Schicht in dem Sedimentkern, der 1986 aus der noch frischen Schicht ent-

**72** | Sedimentschichten können ähnlich wie Baumringe chronologisch zugeordnet werden.

nommen wurde. Ein weiteres Indiz lieferte die Entwicklung des Phosphorgehalts im Baldeggersee: Während Imboden (1985) beobachtet hatte, dass der Phosphorgehalt vor Beginn der Belüftung 1982 jährlich um drei Tonnen und nach Belüftungsbeginn jährlich um sieben Tonnen abgenommen hatte, konnte Gächter (1987: 183) feststellen, dass der jährliche Rückgang sich seit 1985 erneut bei drei Tonnen pro Jahr eingependelt hatte. Der vorübergehend höhere Rückhalt zwischen 1982 und 1985 passte qualitativ gut zum Sedimentstapelkonzept.

Dennoch blieb zunächst weiterhin unklar, wieso die Sedimentkernversuche der EAWAG in den 1970er Jahren darauf hingedeutet hatten, dass eine Belüftung den Phosphor-Rückhalt erhöhen würde. Vor dem Hintergrund des Sedimentstapelkonzepts lag es nahe, genauer zu untersuchen, wie Sauerstoff ins Sediment eindringt und welchen Einfluss dies auf die Rücklösung hat. Aus Sauerstoffprofilen ging hervor, dass die Sauerstoffkonzentration 10 cm oberhalb des Sediments bei 5,7 mg/l lag. Gleichzeitig konnten jedoch an der Sedimentoberfläche Bakterien festgestellt werden, die auf nahezu anaerobe Bedingungen angewiesen sind. Obwohl also im Tiefenwasser die Sauerstoffkonzentration von 4 mg/l überschritten wurde, herrschten somit im Sediment anaerobe Bedingungen. Die Sauerstoffzehrung im Sediment musste somit größer sein als die Sauerstoffnachlieferung aus dem Tiefenwasser (Gächter et al. 1989: 340f.), die über Diffusion erfolgt. Bei einem konstanten Sauerstoffgehalt ist sie praktisch gleichbleibend. Der Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers hängt nur davon ab, wie viel Sauerstoff bei der Zersetzung toter Algen gezehrt wird. Dies wiederum steht in Zusammenhang mit der Sedimentationsrate der Algen. Diese Rate kontrolliert somit letzten Endes den Sauerstoffhaushalt des Sediments – und gleichzeitig die Menge an Phosphor, die ins Sediment gelangt.

Um diese Überlegungen zu überprüfen, modifizierten Gächter und seine Mitarbeiter die ursprünglichen Sedimentkernversuche von Mortimer, indem sie die Sedimentkerne von oben mit frischem Sediment »fütterten«.<sup>73</sup> Dabei wurde die Rücklösungsrate nicht nur wie in den 1970er Jahren unter »ungefütterten aeroben« und »ungefütterten anaeroben« Bedingungen untersucht, sondern zusätzlich auch unter »gefütterten aeroben« und »gefütterten anaeroben« Bedingungen (Gächter/Meyer 1990). Unter ungefütter-

**73** | Tessenow hatte bereits 1972 dieselbe Idee gehabt. Gächter gibt jedoch an, er habe sich 1989 nicht daran erinnert und diesen Aspekt von Tessenows Arbeit vergessen (Interview mit René Gächter, Juni 1998). Hier zeigt sich, wie rekursives Lernen im Anwendungskontext zur Erarbeitung von erweitertem Wissen beitragen kann, indem es die Bildung von Hypothesen ermöglicht, die möglicherweise Wissenslücken füllen – unabhängig davon, ob es sich um noch nicht erarbeitetes oder nicht mehr erinnertes Wissen handelt.

ten Bedingungen konnten die Befunde von Mortimer bestätigt werden, denen zufolge die anaerobe Rücklösungsrate deutlich höher war als die aerobe Rücklösungsrate. Allerdings ergab sich bereits hier ein wesentlicher Unterschied: Selbst unter aeroben Bedingungen setzte nach etwa 220 Tagen eine Rücklösung von Phosphor ein. Mortimer hatte diesen Effekt nicht beobachten können, da seine Experimente nur 152 Tage gedauert hatten. Dieser Befund war bereits ein Indiz dafür, dass im Sediment eine Sauerstoffzehrung erfolgte, die bewirkte, dass im Sediment nach 220 Tagen anaerobe Bedingungen herrschten, selbst wenn Sauerstoff nachgeliefert werden konnte.

Das wichtigste Ergebnis der Fütterungsversuche bestand jedoch darin, dass die Rücklösungsraten durchgehend höher waren als bei Versuchen ohne Fütterung, und zwar sowohl unter aeroben als auch unter anaeroben Bedingungen. Selbst unter aeroben Bedingungen konnte im Fütterungsversuch ab etwa 250 Tagen eine kontinuierliche Rücklösung beobachtet werden. Unter anaeroben Bedingungen erfolgte die Rücklösung noch schneller. Diese Versuche lieferten daher deutliche Hinweise darauf, dass neben der Sauerstoffkonzentration auch die Nachlieferung frischen Sediments von entscheidender Bedeutung für die Rücklösungsdynamik war.

Vor dem Hintergrund dieser Befunde ergibt sich nun ein ganz anderer Zusammenhang zwischen der Sauerstoff- und der Phosphorkonzentration, als er bei der Planung der Belüftungsanlage zugrunde gelegt wurde. Die Phosphor-Rücklösung wird nicht in erster Linie von der Sauerstoffkonzentration kontrolliert, sondern hängt ebenso wie die Rücklösungsrate von einer dritten Größe ab: von der Sedimentationsrate, die wiederum vom Phosphorgehalt des gesamten Sees abhängt. Damit hängt die Phosphor-Rücklösungsrate letzten Endes von den Phosphoreinträgen ab. Der einzige Weg zu einer nachhaltigen Sanierung des Sempachersees bestand aus dieser Perspektive darin, die Einträge zu reduzieren. Vor diesem Hintergrund erschien es erstrebenswert, den Schwerpunkt der Bemühungen von der Seebelüftung auf Maßnahmen zur Reduktion der Phosphoreinträge zu verlagern.

## 6.3 Vom überdüngten See zum überdüngten Boden

Nachdem der Bau von Kläranlagen allein nicht die gewünschten Erfolge gebracht hatte, untersuchte die EAWAG im Juni 1976 die Zuflüsse des Sempachersees. Alle Zuflüsse wurden der Länge nach abgeschnitten, um Proben zu nehmen. Vertiefte Analysen wurden anschließend für diejenigen Zuflüsse durchgeführt, die mehr als 5 Prozent des Phosphoreintrags in den See ausmachten. Diese Zuflüsse wurden in einem 15-tägigen Intervall ein Jahr lang beprobt (EAWAG 1979: 4-10). Zudem wurden die Phosphorein-



träge aus Kläranlagen untersucht (ebd.: 10-13). Die Kläranlagen machten allerdings nur etwa 5 Prozent der gesamten Phosphoreinträge von gut 14 Tonnen pro Jahr aus.

Zunächst war daher die Frage offen, wieso die Phosphorkonzentration in den Zuflüssen mit durchschnittlich etwa  $365 \text{ mg/m}^3$  ausgesprochen hoch war. Als mögliche Ursachen wurden hohe Phosphorkonzentrationen in Drainage bzw. Sickerwässern ebenso in Betracht gezogen wie die punktförmige Einleitung von Abwasser in die Bäche. Um hier Klarheit zu gewinnen, wurden 1979 die meisten Bäche erneut auf ihrer gesamten Länge abgesprochen. Dabei zeigte sich, dass Phosphorkonzentrationen oberhalb von  $100 \text{ mg/m}^3$  in der Regel nur in der Nähe von Siedlungen beobachtet wurden. Dies war ein deutliches Indiz dafür, dass es sich um Abwassereinleitungen handelte (ebd.: 16f.). Allerdings wiesen auch einige Einzugsgebiete im Südosten des Sees sehr hohe Phosphorkonzentrationen auf. Dies wurde bereits 1979 als Indiz für eine massive Phosphorauswaschung aus dem Boden angesehen (ebd.: 17).

Zwischen 1981 und 1983 wurden erneut alle Zuflüsse des Sees abgesprochen und auf Abwassereinleitungen und Drainagerohre untersucht. Das Gewässerschutzamt strebte eine Phosphorkonzentration in den Zuflüssen von maximal  $60 \text{ mg/m}^3$  an. In einem weiteren Schritt wurden diejenigen Einleitungen näher untersucht, bei denen das erste Messergebnis oberhalb von  $160 \text{ mg/m}^3$  gelegen hatte. Dabei zeigte sich, dass 61 Prozent der Einleitungen problematisch waren. In den meisten Fällen konnte die Ursache der hohen Konzentrationen gefunden werden, sodass die erforderlichen Sanierungen vorgenommen werden konnten (Gächter/Stadelmann 1993: 352).

In einem zweiten Schritt wurden ab 1987 auch diejenigen Einleitungen überprüft, bei denen die Phosphorkonzentration zwischen  $60$  und  $160 \text{ mg/m}^3$  lag. Dabei handelte es sich häufig um Drainagerohre, in denen die Phosphorkonzentration nach dem Ausbringen von Gülle deutlich anstieg (ebd.).

Im Sommer 1984 kam es kurz nach der Inbetriebnahme der Belüftungsanlage, aber vermutlich ohne kausalen Zusammenhang damit, zu einem riesigen Fischsterben im Sempachersee, bei dem etwa 300.000 Fische starben (Zimmermann/Knoepfel 1987: 101).<sup>74</sup> Der Stadtrat von Sursee er-

**74 |** Fischsterben sind in eutrophen Seen recht häufig, weil unter nährstoffreichen Bedingungen bestimmte Blaualgen-Arten dominieren, die Gifte produzieren. Zudem kann während der Algenblüte im Sommer an der Wasseroberfläche so viel Sauerstoff produziert werden, dass Fische am »Gasblasensyndrom« sterben (vgl. Fn. 70). Maßnahmen, die zu einer Verminderung der Nährstoffzufuhr beitragen, leisten daher einen sinnvollen Beitrag zur Vermeidung von Fischsterben.

ließ daher ein Düngeverbot im Uferbereich des Sempachersees, um zu verhindern, dass Dünger direkt in den See abgeschwemmt wird (ebd.: 114). Zwar legten einige Landwirte dagegen Beschwerde ein, die vom Luzerner Regierungsrat zunächst unterstützt wurde, doch wurde das Düngeverbot später vom schweizerischen Bundesgericht für rechtmäßig erklärt (ebd.: 116, 137). Ab 1985 wurde unter Federführung des Gemeindeverbands Sempachersee ein Uferschutzgürtel um den See geschaffen. Innerhalb dieses Schutzgürtels gelten Dünge- und Nutzungsbeschränkungen, die sicherstellen sollen, dass Dünger nicht oberflächlich auf direktem Wege in den See gelangt (ebd.: 138; vgl. auch Gächter/Stadelmann 1993: 354).

Als die EAWAG 1987 die Resultate der Zuflussuntersuchungen für den Zeitraum 1984-1986 veröffentlichte, zeigte sich, dass die Phosphoreinträge in den See gegenüber dem Zeitraum 1976/77 insgesamt nicht abgenommen hatten. Zwar gelangte nun weniger Phosphor aus Abwasser in den See, doch dafür verdoppelten sich die Phosphoreinträge aus der Landwirtschaft. Gleichzeitig zeigte sich, dass insbesondere das Gebiet des Lippenrütibachs hohe Phosphorverluste aufwies. Daher beauftragte der Gemeindeverband eine Arbeitsgemeinschaft von Ingenieurbüros mit der Erarbeitung eines Konzepts zur Reduktion der Phosphorausträge. Gleichzeitig wurde eine detaillierte Phosphorbilanzierung durchgeführt. Aus den Daten wurde gefolgert, dass ein Großteil des Phosphors über Oberflächenabfluss in die Bäche gelange. Auch vernässungsanfällige drainierte Böden wurden als wichtige Phosphorquelle identifiziert – Böden also, die eigentlich nicht für eine intensive Landwirtschaft geeignet sind (Blum 2004: 22). Ein wesentlicher Bestandteil des Schutzkonzepts für den Lippenrütibach war daher die Ausscheidung von Flächen, auf denen Nutzungs- und Düngebeschränkungen sinnvoll erschienen. In Rücksprache mit den betroffenen Landwirten wurde schließlich wegen des hohen administrativen Aufwands auf diese Maßnahme verzichtet. Stattdessen wurde allen Landwirten eine Dokumentation zur Verfügung gestellt, die Aufschluss darüber gab, in welchen Parzellen welche Bewirtschaftung angemessen war. Zudem sollten Brachflächen im Winter vermieden und standortgerechte Kulturen angebaut werden (ebd.: 25).<sup>75</sup>

Parallel zu diesen rechtlichen Innovationen wurde weiterhin kontinuierlich an den wissenschaftlichen Grundlagen für einen wirkungsvollen Gewässerschutz gearbeitet. Zwischen 1989 und 1991 wurden die besonders belasteten Zuflüsse im Südosten des Einzugsgebiets im Rahmen von Pilotprojekten gründlich untersucht. Dabei zeigte sich, dass ein Großteil der Flächen drainiert war und dass viele Drainagerohre zu nah an der Boden-

**75 |** Liegt ein Acker im Winter brach, oder werden ungeeignete Kulturen angebaut, kann es zu vermehrter Erosion kommen.

oberfläche verlegt waren. Viele dieser Drainagerohre wiesen hohe Phosphorkonzentrationen auf, ohne dass Abwassereinleitungen festgestellt werden konnten. Christian Stamm fasste 1994 im Auftrag des Umweltschutzamtes das verfügbare Wissen zusammen und stellte dabei fest, dass über die Hälfte der jährlichen Phosphorfracht bei weniger als 25 Hochwasserereignissen in den See gelangte, vor allem während des Sommers (Stamm 1994: I, 13f.). Ursache für die hohen Phosphorkonzentrationen seien in erster Linie die extrem hohen Schweinebestände im Einzugsgebiet des Sees. Vorgeschlagen wurde daher eine Reduktion der Tierbestände auf maximal 2,5 Düngergroßvieh-Einheiten<sup>76</sup> pro Hektar, eine Beschränkung des Ackerbaus auf geeignete Standorte, eine Reduktion des Phosphorgehalts im Schweinefutter und Anpassungen der Ackerbautechnik (ebd.: 3). Aufgrund der damals verfügbaren Daten schätzte Stamm, dass etwa 6 Prozent der gelösten Phosphoreinträge aus Drainagen stammten (ebd.: 35).

René Gächter führte mit seinen Mitarbeitern zwischen 1993 und 1994 ein Jahr lang hoch aufgelöste Zuflussuntersuchungen<sup>77</sup> in einem der problematischen Zuflüsse des Sempachersees durch. Dabei ging er zunächst von der Vermutung aus, dass Phosphor oberflächlich abgeschwemmt wird, und erwartete dementsprechend, dass Phosphor nur dann in die Bäche gelangt, wenn aufgrund *hoher* Niederschläge Oberflächenabfluss erfolgte. Die Messdaten deuteten jedoch darauf hin, dass die Phosphorkonzentration im Bach nach *jedem* Niederschlagsereignis deutlich anstieg (Interview René Gächter, Juni 1998). Gächter folgerte daher, dass Oberflächenabfluss nicht den einzigen Eintragsmechanismus darstellt und initiierte gemeinsam mit der Professur für Bodenphysik an der ETH Zürich ein Projekt. Das Ziel dieses Projekts unter der Leitung von Christian Stamm bestand darin, die Mechanismen des Nährstoffeintrags in den Sempachersee zu untersuchen. Dieses Projekt konnte auf neuen Erkenntnissen aufbauen, die in den 1980er Jahren bezüglich des Stofftransports in Böden gesammelt worden waren. Der Boden wurde nun nicht mehr als homogenes poröses Medium angesehen, wie noch in den 1960er und 1970er Jahren (vgl. Abschnitt »Phosphoreinträge«, S. 141ff.). Stattdessen wurde die Bedeutung von Makroporen für den Wasserfluss erkannt. Da in Makroporen relativ hohe Fließgeschwindigkeiten herrschen, konnte nun auch nicht mehr davon ausgegangen werden, dass der gesamte Phosphor an die Oberflächen der

**76** | Eine Düngergroßvieh-Einheit entspricht z.B. einer Milchkuh, 4 Kälbern oder 6 Mastschweinen (vgl. <http://www.umwelt-gr.ch/dienste/pdf-daten/Weisungen/ww003.pdf>).

**77** | Bei hoch aufgelösten Zuflussuntersuchungen findet die Entnahme von Proben im Abstand weniger Minuten statt. Dadurch ist sichergestellt, dass keine Konzentrationsspitzen übersehen werden.

Bodenteilchen gebunden wird; vielmehr war entgegen früherer Annahmen damit zu rechnen, dass erhebliche Phosphormengen über Makroporen in große Tiefen gelangen können. Diese Erkenntnisse hatten gravierende Auswirkungen auf die Beobachtung von Stofftransporten in Feldböden: Während es zuvor hinreichend erschien, an einigen zufällig gewählten Stellen Bodenproben zu entnehmen, musste nun damit gerechnet werden, dass ein Großteil des Stofftransports in einigen wenigen Poren erfolgte. Daher mussten Möglichkeiten gefunden werden, den Stofftransport in diesen Poren zu erfassen.

Bei der Planung seiner Beobachtungen konnte Stamm davon profitieren, dass Gächter im Rahmen seiner eigenen Feldarbeit mehrmals Drainagerohre beobachtet hatte, die »sichtbar und zum Teil riechbar verdünnte Gülle führten«, obwohl kein Oberflächenabfluss stattfand (Gächter et al. 1996: 331). Er vermutete daher, dass phosphorreiches Wasser nach Niederschlägen innerhalb kurzer Zeit in die Drainagerohre gelangte. Vor dem Hintergrund dieses Wissens führte Stamm an zwei Standorten gezielte Untersuchungen durch, indem er im Abstand von 15 Minuten Wasserproben aus den Drainagerohren entnahm.<sup>78</sup> Er stellte fest, dass die Phosphorkonzentration insbesondere bei den ersten Niederschlägen nach dem Ausbringen von Gülle extrem hoch waren (Stamm 1997: 24f.).

Da diese Beobachtung im Einklang mit einem schnellen Transport durch Makroporen war, führte Stamm anschließend an beiden Versuchsstandorten Versuche mit Farbstoffen durch, die er mit Hilfe von Sprühbalken ausbrachte. Nach der Ausbringung wurden Bodenprofile gegraben und fotografiert. Dabei zeigte sich wie erwartet, dass ein Großteil der Farbstoffe entlang einiger weniger Fließwege in den Boden eindrang. Von zentraler Bedeutung waren dabei Regenwurmgänge (ebd.: 28f.). Bodenproben, die unterhalb einer Tiefe von 30 cm entnommen wurden, wiesen jedoch äußerst geringe Phosphorkonzentrationen auf. Dieser Befund zeigte, wie irreführend der Versuch sein kann, den Stofftransport abzuschätzen, indem punktuell entnommene Bodenproben analysiert werden.

In einem weiteren Schritt führte Stamm einen großen Feldversuch unter kontrollierten Bedingungen durch. Oberhalb eines Drainagerohrs wurde ein Zelt aufgebaut, um unkontrollierbare Niederschläge fern zu halten. Mit Hilfe eines Sprühbalkens wurde die Versuchsfläche künstlich beregnet. Zu genau bekannten Zeitpunkten wurden dem Wasser verschiedene Substanzen beigegeben, unter anderem auch Gülle. Das Drainagerohr wurde im

**78 |** Drainagerohre erfassen das infiltrierende Wasser aus einer relativ großen Fläche unabhängig davon, ob es durch Makroporen oder feinere Bodenporen fließt. Die Beobachtung von Drainagerohren ist daher ein geeigneter Ansatz, um der räumlichen Heterogenität des Stofftransports Rechnung zu tragen.

Abstand von 5 Minuten beprobt, und nach Versuchsende wurden Bodenprofile gegraben, um die räumliche Verteilung der verschiedenen Stoffe zu rekonstruieren. Dabei zeigte sich, dass Gülle innerhalb von weniger als 5 Minuten in ein Drainagerohr in 1 Meter Tiefe gelangen kann und dass das Konzentrationsmaximum im Drainagerohr bereits nach etwa 10 Minuten erreicht wurde. Dieser Befund erklärt, warum frühere Studien nicht auf den schnellen Transport aufmerksam geworden waren: Wenn mit der Probenahme zu lang gewartet wird, ist ein Großteil der »Konzentrationswolke« längst am Beobachtungspunkt vorbei geflossen. Allerdings können auch Monate nach der letzten Gülle-Ausbringung noch hohe Phosphorkonzentrationen im Drainagerohr beobachtet werden, wenn Phosphor nach heftigen Niederschlägen mobilisiert wird (ebd.: 65-74). Diese Befunde sind für den Gewässerschutz von großer Bedeutung, denn sie deuten darauf hin, dass es nicht ausreicht, lediglich die Erosion und den Oberflächenabfluss zu minimieren, also die beiden Prozesse, die Furrer 1978 für einzig relevant gehalten hatte.

Nachdem der Phosphorgehalt des Sees bis Mitte der 1990er Jahre weiter abgenommen hatte, stellte sich die Frage, inwiefern es erforderlich war, die teure Belüftung mit reinem Sauerstoff aufrechtzuerhalten. In einem weiteren Gutachten untersuchte die EAWAG daher 1996, ob es vertretbar sei, in Zukunft auf den Eintrag von reinem Sauerstoff zu verzichten und stattdessen während des Sommers feinblasige Luft einzutragen. Dabei wurde davon ausgegangen, dass der Phosphorgehalt im Sempachersee sich bei einer Konzentration von etwa 65 mg/m<sup>3</sup> stabilisieren würde. Aus Modellrechnungen ging hervor, dass ein Eintrag von feinblasiger Druckluft geeignet wäre, das gesamte Tiefenwasser mit Sauerstoff zu versorgen, ohne dass Probleme für Fische zu erwarten wären. Gleichzeitig habe eine Reduktion der Phosphoreinträge aus der Landwirtschaft höchste Priorität. Daher wurde empfohlen, auf den Eintrag reinen Sauerstoffs zu verzichten und die eingesparten Mittel von jährlich 90.000 Franken für Maßnahmen im Einzugsgebiet einzusetzen (EAWAG 1996: 39-50). Der Gemeindeverband beschloss 1996, diese Empfehlungen umzusetzen (Blum 2004: 43). Seit dem Sommer 2004 wird darüber hinaus auch die feinblasige Belüftung nur noch nachts durchgeführt (E-Mail von Peter Herzog, Dezember 2004).

Impulse auf der schweizerischen Bundesebene erweiterten den Handlungsspielraum im Gebiet des Sempachersees. 1998 erarbeiteten das Bundesamt für Landwirtschaft und das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft gemeinsam ein Konzept zur Verminderung der Phosphorbelastung von Oberflächengewässern. Dieses Konzept stützte sich auf den neuen Artikel 62a des Gewässerschutzgesetzes, der Zahlungen an Landwirte vorsah, die besondere Maßnahmen zur Vermeidung von Phosphorverlusten durchführten. Das Luzerner Amt für Landwirtschaft schlug gemeinsam mit

dem Luzerner Amt für Umweltschutz vor, diesbezüglich im Gebiet des Sempachersees, des Baldeggersees und des Hallwilersees ein Pilotprojekt durchzuführen (Blum 2004: 44). Dieses »Phosphorprojekt« wurde 1999 in Angriff genommen. Angestrebt wird seither eine Phosphorkonzentration im See von  $20 \text{ mg/m}^3$ , die noch unter dem Qualitätsziel von  $30 \text{ mg/m}^3$  liegt, das in der Schweizerischen Gewässerverordnung verankert ist. Dabei wird angenommen, dass die Phosphoreinträge zur Erreichung dieses Ziels auf jährlich 5,5 Tonnen an gelöstem Phosphor bzw. 11 Tonnen Gesamt-Phosphor reduziert werden müssen (ebd.: 43f.). Um dieses eintragsbezogene Ziel zu erreichen, muss insbesondere die Phosphorversorgung der Böden reduziert werden. Noch 1996 waren die Böden um 33 Prozent mit Phosphor üerversorgt (ebd.: 47). 45 Prozent der Böden wurden der höchsten Versorgungsklasse »angereichert« zugeordnet. Weitere 39 Prozent gehörten zur Versorgungsklasse »Vorrat«, die ebenfalls einen Phosphorüberschuss aufweist. Angestrebt wird hingegen die mittlere von fünf Versorgungsklassen, die als »genügend« bezeichnet wird (ebd.: 49).

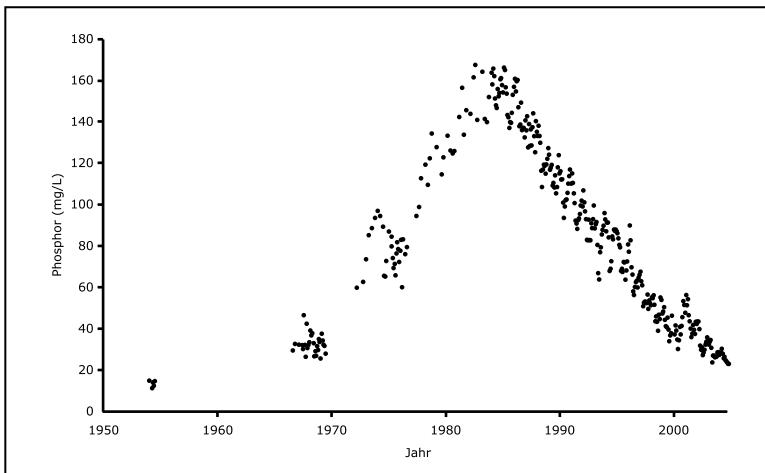
Um dieses Ziel zu erreichen, sollen alle Landwirtschaftsbetriebe im Einzugsgebiet des Sempachersees den so genannten ökologischen Leistungsnachweis erfüllen, also eine ausgeglichene Nährstoffbilanz aufweisen. Angestrebt wird zudem, dass sich zwei Drittel der Betriebe an einem »Seevertrag« beteiligen, welcher sie zur Einhaltung noch strikterer Regeln verpflichtet. Dazu gehören ein 5 Meter breiter Pufferstreifen um Gewässer, eine nicht gedüngte Fläche von mindestens 5 Prozent der Gesamtfläche, eine Nährstoffbilanz von maximal 100 Prozent,<sup>79</sup> ein Verzicht auf Winterbrache und ein zeitgerechter Düngereinsatz. Zudem darf die Nährstoffbilanz in Böden der Versorgungsklassen »angereichert« und »Vorrat« maximal 80 Prozent betragen, und maximal 20 Prozent der Ackerfläche dürfen mit Mais, Rüben oder Kartoffeln bepflanzt werden (ebd.: 53f.), deren Anbau mit einem hohen Erosionsrisiko verbunden ist.

Gegenwärtig scheint das Phosphorprojekt von Erfolg gekrönt zu sein. Die Beteiligung der Landwirte übertrifft ebenso die Erwartungen wie die Reduktion der ausgebrachten Phosphormengen. Zwischen 1996 und 2003 hat sich der Anteil extensiv genutzten Weidelandes fast verdreifacht, während die Tierbestände leicht rückläufig sind. Für das Jahr 2001 konnte erstmals eine ausgeglichene Nährstoffbilanz erreicht werden, und im Jahr 2003 war die Nährstoffbilanz mit 94 Prozent sogar leicht negativ. Zu diesem Erfolg beigetragen haben Entschädigungen in Höhe von 15 Franken pro Kilogramm nicht ausgebrachten Phosphors. Möglich wurden diese Ein-

**79** | Die Nährstoffbilanz ist ausgeglichen, wenn dem Boden durch Düngung genau so viel Nährstoffe zugefügt werden, wie die Pflanzen aufnehmen. Man spricht dann von einer Nährstoffbilanz von 100 Prozent.

sparungen durch den vermehrten Einsatz von stickstoff- und phosphorreduziertem Futter, welches es erlaubt, den Phosphoranfall in der Schweinemast zu halbieren. Die ausgebrachte Phosphormenge konnte daher zwischen 1996 und 2003 von 455 Tonnen auf 330 Tonnen reduziert werden. Auch der Phosphorgehalt im Boden hat signifikant abgenommen (ebd.: 59-64). Zusammengenommen haben all diese Maßnahmen dazu geführt, dass der Zustand des Sempachersees sich deutlich verbessert hat, auch wenn Einigkeit besteht, dass weiterhin große Anstrengungen erforderlich sind. Im Frühjahr 2003 konnte ein wichtiger Erfolg gefeiert werden: Erstmals seit den 1960er Jahren lag die mittlere Phosphorkonzentration des Sempachersees zum maßgeblichen Zeitpunkt der Frühjahrszirkulation unterhalb des angestrebten Qualitätsziels von  $30 \text{ mg/m}^3$ . Nach jahrzehntelangen Anstrengungen wurde somit auch das zweite wichtige Gewässerschutzziel neben einer hinreichenden Sauerstoffkonzentration erreicht. Die Phosphorkonzentration des Sempachersees liegt heute um 50 Prozent tiefer, als es von der EAWAG (1996: 39) noch 1996 erwartet wurde (vgl. dazu auch Abb. 6.5).

Abb. 6.5: Phosphorkonzentration des Sempachersees



Quelle: Unveröffentlichte Daten von Umwelt und Energie Kanton Luzern/EAWAG

## 6.4 Durch Scheitern zum Erfolg: Seesanieung als rekursiver Lernprozess

Auch wenn es nicht gelang, den Phosphorgehalt des Sempachersees innerhalb der 1979 angepeilten 10 Jahre auf  $30 \text{ mg/m}^3$  zu reduzieren, so muss die Sanierung des Sempachersees insgesamt doch als großer Erfolg betrachtet werden. Obwohl die wichtigsten Maßnahmen wie der Bau von Kläranlagen oder die Inbetriebnahme der Belüftungsanlage nicht im erhofften Ausmaß wirkungsvoll waren, und die Phosphoreinträge zwischen 1977 und 1997 nur von etwa 15 Tonnen auf etwa 12 Tonnen jährlich zurückgingen (AfU 1999: 56), konnte das angestrebte Ziel knapp 25 Jahre nach Erstellung des EAWAG-Gutachtens erreicht werden.

Die Frage stellt sich, wie dies möglich war. Die Analyse des Falls zeigt, dass rekursive Lernprozesse von Anfang an auf ein umfangreiches limnologisches Grundlagenwissen aufgebaut werden konnten. Externes Wissen, das an anderen Seen gewonnen worden war, spielte ebenfalls eine wichtige Rolle: Ohne die Arbeiten von Einsele, Mortimer und Vollenweider (vgl. S. 144ff., 140f.) wäre die Sanierung des Sempachersees vermutlich anders verlaufen. Ebenso wichtig waren die praktischen Erfahrungen mit der Sanierung der Wahnachtalsperre und schließlich mit der Belüftung des Baldeggersees (vgl. S. 146, 152). Zudem wurden zahlreiche Untersuchungen durchgeführt, die sich auf den Sempachersee selbst bezogen, und die dazu beitrugen, das bestehende Wissen zu erhärten oder zu verfeinern. Beispiele für eine Erhärtung sind die Sedimentkernversuche der EAWAG in den 1970er Jahren und die Beobachtung der Sauerstoff- und Phosphorkonzentrationen im Sempachersee. Die Beobachtung des Sees nach der Belüftung, die Entnahme von Sedimentkernen und die Fütterungsversuche trugen später dazu bei, dieses Wissen weiter zu verfeinern.

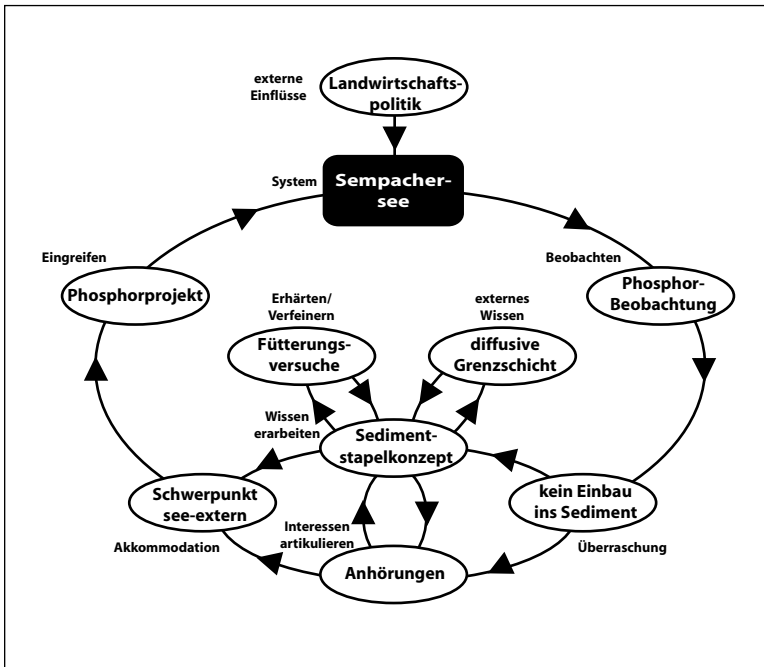
Den Anstoß zur Wissensverfeinerung gab in diesem Fall die überraschende Feststellung, dass der Phosphor-Rückhalt im Sediment durch die Belüftung nicht erhöht worden war. Zur Anpassung des Wissens führten dabei auch Erkenntnisse über die Dynamik der Sediment-Wasser-Grenzfläche, die zur gleichen Zeit an der EAWAG und andernorts durch Beobachtungen anderer Seen erarbeitet worden waren. Auf der Grundlage dieses Wissens musste die Wirksamkeit der Belüftung auch aus theoretischer Sicht angezweifelt werden. Gleichzeitig wurden sowohl im Gebiet des Sempachersees als auch andernorts Arbeiten durchgeführt, die zu der Einsicht führten, dass Phosphoreinträge aus der Landwirtschaft eine zentrale Rolle spielten. Aus umfangreichen Diskussionen zwischen Ämtern, Wissenschaftlern und Gemeindeverband ergab sich schließlich ein Konsens darüber, dass der Schwerpunkt der Maßnahmen künftig im see-externen Bereich liegen sollte.



Der Handlungsspielraum der lokalen Akteure wurde dabei durch eine Neuausrichtung der schweizerischen Landwirtschaftspolitik erweitert. Stark kondensiert sind diese verschiedenen Elemente in Abbildung 6.6 dargestellt.

Der Fall des Sempachersees illustriert in diesem Sinne die Vielfalt von Aspekten, die bei rekursiven Lernprozessen eine Rolle spielen können. Dabei fand ein breites Spektrum von Aktivitäten statt, die von reiner Grundlagenforschung bis hin zu einer wissensbasierten Umsetzung reichte. Dabei wurden sowohl streng kontrollierte Laborversuche als auch kontrollierte

Abb. 6.6: Rekursives Lernen am Beispiel des Strategiewechsels hin zu vermehrten see-externen Maßnahmen



Feldexperimente, Beobachtungen im Feld und großflächige ökologische Eingriffe durchgeführt, die das gesamte Einzugsgebiet erfassten. Verortet man den Fall des Sempachersees daher in Abbildung 1.5 (S. 26), so erstreckt er sich über das gesamte horizontale und vertikale Spektrum. Im Vergleich zu den Fallstudien in den Kapiteln 4, 5 und 7 kommt hier jedoch der Erzeugung von Grundlagenwissen ein stärkeres Gewicht zu, sodass wir den Sempachersee in Abbildung 1.5 schwerpunktmäßig auf der wissenser-

zeugenden Seite eingeordnet haben. Der Bau von Kläranlagen, der am Beginn der Sanierungsbemühungen stand, verbindet kontrollierte mit situationsspezifischen Randbedingungen: Kläranlagen sind technische Anlagen, die intern unter weitgehend kontrollierten Bedingungen funktionieren, aber deren Wirksamkeit gleichzeitig von der Zusammensetzung und Menge des im Einzugsgebiet anfallenden Abwassers abhängt. Die Inbetriebnahme der Kläranlagen trug dazu bei, dass der Verlauf der Phosphorkonzentration im Sempachersee aufmerksam beobachtet wurde. Aus diesen Beobachtungen resultierte die Erkenntnis, dass weiterreichende Maßnahmen erforderlich waren. Zudem ergaben sich Indizien dafür, dass noch nicht alle für die Dynamik des Sempachersees wichtigen Prozesse verstanden worden waren. Wären die Kläranlagen nicht gebaut worden, so hätte man möglicherweise nicht so rasch herausgefunden, dass es noch eine Vielzahl kleiner Abwassereinleitungen in die Bäche gab. Ohne den Bau der Belüftungsanlage hätte die EAWAG nicht die Möglichkeit gehabt, statt im Labor in einem ganzen See zu untersuchen, wie sich eine Veränderung der Sauerstoffverhältnisse auf die Phosphor-Rücklösung auswirkt. Auf diese Weise trug die Belüftung maßgeblich zur Entstehung des Sedimentstapelkonzepts bei, welches die Erarbeitung kostengünstiger und effizienter Gewässerschutzmaßnahmen ermöglichte. Die sorgfältige Untersuchung der Zuflüsse des Sempachersees regte unter anderem dazu an, unter natürlichen Bedingungen die Bedeutung des schnellen Phosphortransports zu untersuchen. Das bessere Verständnis dieser Mechanismen trug ebenso wie das Sedimentstapelkonzept zur Neuausrichtung der Strategie bei, die mehr Gewicht auf see-externe Maßnahmen legte.

Im Gegensatz zu großflächigen Beobachtungen erwiesen sich Laborexperimente bisweilen als problematisch. Die Annahme, durch eine Belüftung den Phosphor-Rückhalt des Sees erhöhen zu können, basierte wesentlich auf Sedimentkernexperimenten, die unter unnatürlichen Bedingungen durchgeführt worden waren, da keine Sedimentation frischer Algen erfolgte. Auch die Annahme, Phosphor werde nicht aus landwirtschaftlich genutzten Böden ausgewaschen, basierte auf Laborexperimenten mit künstlichen »Böden«, die keine Makroporen aufwiesen und daher keine Rückflüsse auf den schnellen Phosphortransport zuließen.

Das bedeutet allerdings nicht, dass Experimenten unter kontrollierten Bedingungen im Rahmen von Realexperimenten keine Bedeutung zukommt. Der große Vorteil von Realexperimenten besteht darin, dass sie zur Entdeckung von Überraschungen beitragen. Ein Realexperiment selbst hingegen erlaubt in der Regel noch keine unmittelbaren Rückschlüsse über die Ursachen der überraschenden Befunde. Diese können eher unter vereinfachten Bedingungen untersucht werden, welche die Interpretierbarkeit von

Resultaten erleichtern. Auch eine kleinräumige Einengung kann hilfreich sein, wie das Beispiel der Drainagerohre zeigt: Zunächst wurde das gesamte Seegebiet untersucht, dann die wichtigsten Zuflüsse. Anschließend erfolgte in einzelnen Zuflüssen eine zeitlich hoch aufgelöste Beobachtung, die schließlich zu der Erkenntnis führte, dass ein Großteil des Phosphors über Drainagerohre in die Bäche gelangte. Sobald dies bekannt war, konnten einzelne Drainagerohre gezielt untersucht werden. Die Ausbringung von Farbstoffen unterstützte die Lokalisierung der Makroporen, über welche der schnelle Transport erfolgte.

Ähnlich verhielt es sich bei der Entwicklung des Sedimentstapelkonzepts: Am Anfang standen Massenbilanzrechnungen, die sich auf den gesamten See bezogen. Diese Berechnungen ermöglichten Rückschlüsse über großflächig ablaufende Prozesse. Um diese Prozesse genauer zu untersuchen, wurden einzelne Sedimentkerne entnommen, die auf die Bedeutung der obersten Sedimentschicht hinwiesen. Auf der Grundlage dieser Beobachtungen konnten dann die gezielten Fütterungsversuche durchgeführt werden, welche das Sedimentstapelkonzept erhärteten.

Was das Wechselspiel zwischen Wissenserzeugung und Wissensanwendung betrifft, so fällt zunächst einmal auf, dass die Sanierung des Sempachersees von Anfang an unter engem Einbezug von Wissenschaftlern erfolgte. Bereits zu einem Zeitpunkt, als der Phosphorgehalt des Sempachersees noch relativ gering war, war grundlegendes limnologisches Wissen verfügbar, das zur Planung wirkungsvoller Maßnahmen beitrug. Auch das spätere Vorgehen reflektierte den jeweils aktuellen Stand des Wissens. Von Anfang an wurden Maßnahmen getroffen, die für sich genommen sinnvoll waren und deren Wirkung sorgfältig überprüft wurde. Diese Eingriffe wurden zunächst an einzelnen Standorten überprüft: Die Kläranlagen wurden nicht auf einen Schlag gebaut, sondern über viele Jahre weiter verfeinert; und die Belüftungsanlagen wurden zunächst im Baldeggersee erprobt, bevor sie auch im Sempachersee zum Einsatz kamen. Dadurch wurde das Risiko unerwünschter Nebenwirkungen minimiert. Grundsätzlich wäre jede dieser Maßnahmen reversibel gewesen, da alle Anlagen außer Betrieb genommen werden könnten.

Obwohl der Bau von Kläranlagen allein nicht ausreichte, um die Gewässerschutzziele zu erreichen, war diese Maßnahme zweifelsfrei sinnvoll, da durch keine andere Maßnahme eine ähnlich große Wirkung hätte erzielt werden können. Das grundsätzliche Ziel, die Phosphoreinträge so weit wie möglich zu reduzieren, wird auch heute noch als erstrebenswert erachtet. Ähnlich verhält es sich mit den Bemühungen, die landwirtschaftlichen Phosphoreinträge zu minimieren, auch wenn Landwirte bisweilen über Einschränkungen klagen, die sie daran hindern, auf ihrem Land optimale

Erträge zu erwirtschaften. Auch die Seebelüftung kann rückblickend als sinnvoll betrachtet werden, da sie dazu beigetragen hat, den See während seiner kritischen eutrophen Phase mit Sauerstoff zu versorgen.

Betrachtet man die Abfolge einzelner Vorgehensweisen, so fällt auf, dass gerade das Scheitern einzelner Maßnahmen – im Sinne einer Wirksamkeit, die geringer war als die ursprünglichen Erwartungen – wichtige Impulse zur Entwicklung weitergehender Maßnahmen gab: Hätte der Bau der Kläranlagen ausgereicht, so wäre die Seebelüftung nie in Betrieb genommen worden; und hätte die Seebelüftung einen deutlicheren Einfluss auf den Phosphor-Rückhalt gehabt, so wären die Maßnahmen im Bereich der Landwirtschaft seit den 1990er Jahren nicht so energisch vorangetrieben worden.

Bei der Suche nach wirksameren Maßnahmen spielten zudem neue wissenschaftliche Erkenntnisse eine zentrale Rolle. Bereits die frühe Gründung eines Gewässerschutzamtes im Jahr 1959 basierte auf der Erkenntnis, dass der Zustand der Gewässer zu einem ernst zu nehmenden Problem werden könnte, obwohl die Seen im Kanton Luzern sich zu diesem Zeitpunkt noch in einem relativ guten Zustand befanden. Die Wissenschaft nahm hier ihre Rolle als Früherkennnerin von Problemen wirkungsvoll wahr.

Auch der Bau von Kläranlagen seit Ende der 1960er Jahre entsprach dem damals neuesten Stand des Wissens. Als sich dies allein als unzulänglich erwies, wurde ein umfangreiches wissenschaftliches Gutachten in Auftrag gegeben, um weitere mögliche Optionen zu eruieren. Dabei zeigte sich, dass das verfügbare wissenschaftliche Wissen nicht immer nur positive Impulse gibt, sondern auch in eine Richtung führen kann, die sich vorübergehend als Umweg entpuppt. Beispiele hierfür sind die Einschätzung, der zufolge Phosphor nicht aus landwirtschaftlichen Böden ausgewaschen wird, und die Annahme, dass sauerstoffhaltige Verhältnisse im Tiefenwasser eines Sees bereits ausreichen, um den Phosphor-Rückhalt im Sediment langfristig zu erhöhen. Ohne diese Einschätzungen wäre die Belüftungsanlage möglicherweise nie gebaut worden, und man hätte vielleicht bereits früher mehr Gewicht auf (see-externe) Maßnahmen im Bereich der Landwirtschaft gelegt. Allerdings ist fraglich, ob dies von Vorteil gewesen wäre: Einerseits hätten dann im Tiefenwasser des Sees häufig sauerstofffreie Bedingungen geherrscht, und andererseits bestand erst seit den späten 1980er Jahren (wieder) das bodenkundliche Wissen, das dabei half, den Mechanismus der Phosphorauswaschung zu rekonstruieren.

Wissenschaftliche Impulse waren dabei mehrmals entscheidend für die Anpassung der gewählten Strategien. Wäre die Theorie von Einsele und Mortimer nicht bereits Mitte der 1970er Jahre verfügbar gewesen, so wäre die Seebelüftung vermutlich nicht in Betrieb genommen worden. Als sich

dann später das Sedimentstapelkonzept an der EAWAG durchsetzte, führte dies umgekehrt dazu, dass die Belüftung in Frage gestellt wurde. Als etwa zeitgleich die Bedeutung des schnellen Phosphortransports erkannt wurde, führten die Erkenntnisse der beiden Studien dazu, dass der Schwerpunkt der Maßnahmen von der Belüftung auf die Landwirtschaft verschoben wurde.

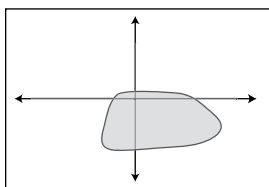
Die Erfahrungen mit der Sanierung des Sempachersees könnten in Zukunft in die Planung von Realexperimenten einfließen. Realexperimente sind dann am wirkungsvollsten, wenn sie auf dem Hintergrund des aktuell verfügbaren Wissens konzipiert werden und wenn dabei von Anfang an Beobachtungen geplant werden, die geeignet sind, Überraschungen zu offenbaren. Hierfür sind insbesondere regelmäßige Beobachtungen unter den realen Umweltbedingungen wertvoll. Resultieren aus diesen Beobachtungen überraschende Erkenntnisse, so kann auf der Grundlage kontrollierter Experimente das Verständnis der Kausalzusammenhänge weiter entwickelt werden. Auf diese Weise kann eine Grundlage dafür geschaffen werden, dass sich sowohl das theoretische Wissen als auch das Wissen um wirksame Maßnahmen weiter entwickeln kann.

Vor diesem Hintergrund lässt sich auch unser letzter Fall im folgenden Kapitel 7 rekonstruieren. Es geht um die experimentelle Entwicklung der Abfallwirtschaft in Deutschland seit der Zeit der ›wilden Müllkippen‹ im frühen 20. Jahrhundert. Bei diesem Fall handelt es sich um ein Hineinschlittern in ein experimentelles Design. Im Laufe der Jahrzehnte wurde dieses Design jedoch immer mehr verfeinert und stellt mittlerweile ein äußerst komplexes und ausgeklügeltes Realexperiment dar.



## 7. Experimentelle Praktiken der deutschen Abfallentsorgung: Von der wilden Deponie zum Dualen System

---



Jede Kultur entwickelt Maßnahmen, die Dinge loszuwerden, die für keinen mehr von Wert sind. Mit der Verdichtung der Bevölkerung in großen Siedlungen wurden schon im Altertum technische Lösungen für die Sammlung, den Transport und die Deponierung von Fäkalien und organischem Abfall notwendig. In diesen und allen späteren Beispielen bilden Müll und Abfall ein herausragendes Paradigma für die unbeabsichtigten Nebenfolgen der sozialen Entwicklung.

Ähnlich wie in den anderen Fällen unseres Buches ist auch in der Müllentsorgung der Ursprung der Realexperimente nicht ein planendes, risikobewusstes Handeln. Vielmehr entspringt es einem Zuwachs von Problemen, die sich aus Handlungsroutinen ergaben, die erst im Nachhinein als unangemessen wahrgenommen wurden. Zwar gelten die Randbedingungen der hochmodernen Müllentsorgungsanlagen in der Regel als kontrollierbar, jedoch kehrt sich dieser Eindruck um, bezieht man die zahlreichen Vernetzungen mit der Umwelt bis hin zum individuellen Verbraucher ein. Anders als im Fall des Sempachersees (Kap. 6) steht die Wissensserzeugung in diesem Fall nicht im Vordergrund. Deutlicher als bei den Fällen in den vorangegangenen Kapiteln überlagern sich im Folgenden jedoch zwei analytisch klar trennbare Lernmuster. Ein Muster entsteht durch die jeweiligen Veränderungen, die innerhalb eines Paradigmas der Müllentsorgung statt-

finden und zu allmählich effizienteren und verlässlicheren Lösungen führen. Überraschungen können hierbei akkommodativ bewältigt werden. Das zweite Lernmuster bezieht sich auf Erkenntnisse, die das jeweilige Paradigma als solches in Frage stellen. Dafür gibt es verschiedene Gründe. So erweisen sich einige Probleme als sehr schwer beherrschbar, wie z.B. bei dem Ziel der sicheren Lagerung von Müll ohne thermische Vorbehandlung. Neue Technologien versprechen neue Leistungsprofile. So können heute automatische Sortieranlagen die Vorsortierung der Haushalte ersetzen. Neue politische Anforderungen entwerfen erprobte Lösungen – wie z.B. die Nachhaltigkeitsforderung, der nächsten Generation keine Müllhalden zu hinterlassen, das Konzept der sicheren Deponierung in Frage stellte. Wir versuchen in der folgenden Darstellung, das Ineinandergreifen der internen Optimierung des Lernens aus Fehlern mit der häufig extern veranlassten Infragestellung der Konzeption zu beschreiben. Dabei müssen viele Details unberücksichtigt bleiben, auch wenn sie gerade unter der Perspektive des Realexperiments interessant wären. So gehen wir beispielsweise nicht auf die vielen Versuchsanlagen und Pilotprojekte zur Kompostierung von organischem Müll, zur anaeroben Vergärung oder zur Entwicklung von Schmelzbrandverfahren ein. Obwohl sie über Jahrzehnte in der Diskussion und in der Erprobungspraxis eine Rolle gespielt haben, sind sie zu keiner Zeit die maßgeblichen Komponenten eines Entsorgungsparadigmas geworden.

Die Analyse dieses Kapitels ist folgendermaßen aufgebaut: Zuerst werden wir in Kapitel 7.1 einen Überblick über verschiedene Paradigmen der Entsorgung von Müll in Deutschland seit etwa 1900 liefern, um danach in Kapitel 7.2 die ersten beiden ›großen‹ Zyklen rekursiven Lernens von der ›wilden Deponierung‹ (bis in die 1950er Jahre hinein) zur ›geordneten Deponie‹ (der 1960er und 70er Jahre) zu diskutieren. Seit den 1980er Jahren entstehen hoch technisierte Verbrennungsanlagen und Deponiebauten; die Zusammenarbeit zwischen Deponiepraxis und Forschung nimmt organisierte Formen an. Dies wird in Kapitel 7.3 an der geplanten Verbunddeponie des Kreises Herford und der kreisfreien Stadt Bielefeld exemplifiziert. In Kapitel 7.4 werden zwei weitere wichtige Zyklen rekursiven Lernens seit etwa 1980 bis 2000 diskutiert, in denen in Deutschland erste Schritte zur grundlegenden Umgestaltung der Abfallwirtschaft unternommen wurden. Hier kommt das Leitbild des Recycling auf, das in der zweiten Phase durch das der Vermeidung ergänzt wird. Seit den späten 1990er Jahren zeichnet sich ein Paradigma einer materiell geschlossenen Kreislaufwirtschaft ab, in der sich auch neue Strukturen aus dem Zusammenspiel zwischen verschiedenen Akteuren (Unternehmen, Verbände, beteiligte Bevölkerung) abzuzeichnen beginnen, die der stoffstromorientierten Steuerung zum Durchbruch verhelfen könnten. Dies ist Thema von Kapitel 7.5. Kapitel 7.6



reflektiert die Zukunft der Müllentsorgung im Kontext neuer Wissensproduktion und neuer realexperimenteller Herausforderungen.

## 7.1 Paradigmen der Müllentsorgung

Alle stadtförmigen Siedlungen seit den ersten Hochkulturen kämpften mit Problemen der Verdichtung von Müll in Form von Exkrementen, Abwässern und Kadavern. Die Belästigungen durch den Gestank faulender Stoffe verbanden sich mit der Angst vor Krankheitsübertragungen. Als sicherster Weg galt immer, sich des Mülls zu entledigen, indem man ihn irgendwo anders hinbrachte, flussabwärts schickte, verbrannte oder vergrub. Seit der Industrialisierung und den verheerenden Cholera-, Pocken- und Typhus-epidemien in vielen Ländern Europas wurden jedoch hygienischere Maßnahmen unabweislich. Sie betrafen vor allem die Trennung der zentralen Wasserversorgung von den Abwässern aus Haushalten und Industrie sowie die Straßenreinigung.

Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts spielte bei diesen Sanierungsmaßnahmen der neue Stand wissenschaftlichen Wissens über die Erreger ansteckender Krankheiten eine entscheidende Rolle. Denn das Schlüsselproblem war bereits zu jener Zeit ökologischer Natur: Zum einen musste die Trinkwasserversorgung vieler Städte bereits auf ›entsorgte‹ Abwässer zurückgreifen, da ja die Entsorgung von Abwässern letztlich immer mit einem Eintrag in die natürlichen Ressourcen endet. Aufbereitungstechnologien, die die neuen mikrobiologischen Erkenntnisse von Pasteur (vgl. Kap. 2) und Koch berücksichtigten, wurden in Experimenten außerhalb des Labors erprobt – mit teilweise katastrophalen Überraschungen. So hatte in Hamburg eine neue, jedoch unzulängliche Filteranlage die Cholera-Epidemie von 1892 mit 17.000 Erkrankungen und 8.600 Todesfällen verursacht, aus der die weitere Technologieentwicklung ihre Lehren zog (Naumann 1961: 3). Die Nachbarstadt Altona, die eine verbesserte Filteranlage installiert hatte, blieb von der Cholera verschont (Hösel 1987: 137).

Zum andern wurde es unausweichlich, die mit der Bevölkerungszunahme und der industriellen Produktion angewachsenen Abfälle einer geordneten Erfassung, Zwischenbehandlung und Ablagerung zu unterziehen. Dies betraf die Abwässerbeseitigung, Fäkalienabfuhr, Tierkörper- und Schlachtabfälle, das Bestattungswesen, Industrieabfälle und Haushaltsmüll – und in einem etwas anderen Sinn auch die Abfälle, die als Emissionen bei der Energie- und Stoffumwandlung anfallen. In all diesen Bereichen begannen Wissenschaftler, Regulierungsbehörden, Unternehmen und Bevölkerung zusammenzuwirken, um neue Wege der Entsorgung auszuprobieren.

In dieser Fallstudie konzentrieren wir uns auf die Entsorgung von normalem Haushaltsmüll bzw. – wie er im offiziellen Sprachgebrauch auch genannt wird – Siedlungsabfall. Ihm gebührte in der historischen Entwicklung zunächst nicht dieselbe Aufmerksamkeit wie den gesundheitsgefährdenden Fraktionen, die als Sondermüll behandelt werden. Das geregelte Einsammeln in den Städten und das Ablagern in Deponien in Randlage, die nicht störten, bis das städtische Wachstum sie einholte, galten als Lösung mit ökonomisch vertretbarem Aufwand. Jedoch wurde mit dem großen Wohlstandsschub der Nachkriegszeit der prinzipielle Mangel dieser Strategie allmählich sichtbar. Sie ist mit einer einfachen ökologischen Erfahrung unvereinbar: Müll kann man nicht wegwerfen. Die Behandlung des Mülls durch Anhäufung, Verdünnung, Verbrennung oder Eingraben kann ihm zwar eine neue Gestalt, sogar die der Unsichtbarkeit geben, sie kann ihn aber nicht aus der Welt schaffen. Barry Commoner (1972) fasste seine ökologische Philosophie in eine einzige Frage zusammen: »Yes, but where does it go to?« – z.B. die Aschen, Filterstäube und Luftpartikel einer Verbrennungsanlage. Falls man diese Frage irgendwann am Ende befriedigend beantworten kann, wie etwa beim Ausbringen der Gülle in der traditionellen Landwirtschaft, spricht man nicht mehr von Müll, sondern von Dünger. Dies war eine Art Sekundärrohstoff der frühen Stunde, bis man auch dessen Gefahren für das Grundwasser und die Bodenökologie erkannte. Im Verlauf der Industrialisierung sind die Wege einer Entsorgung durch Wiedereinbettung der unnütz gewordenen Güter in die Zyklen der Natur in dem Maße schmäler und enger geworden, indem die Güterproduktion anstieg und die Güter in ihrer chemischen Zusammensetzung zu Fremdkörpern der Naturzyklen wurden. Daher ist der Kern der Abfallwirtschaft die institutionelle Bewältigung der universalisierten Nebenfolge (»alles wird zu Müll«) aller Technisierung (vgl. Beck et al. 1996, ohne jedoch von Müll zu reden). In den Worten von Commoner (1971: 20):

»Suddenly we have discovered what we should have known long before: that the ecosystem sustains people and everything that they do; that anything that fails to fit into the ecosystem is a threat to its finely balanced cycles; that wastes are not only unpleasant, not only toxic, but, more meaningfully, evidence that the ecosystem is being driven towards collapse.«

Erst in der Konsumgesellschaft der Nachkriegszeit ist der Haushaltsmüll zu einer Belastung geworden, die mit den gewohnten Verfahren der Invisibilisierung durch Wegwerfen nicht zu bewältigen war. Herbold (2000: 143) nennt folgende Faktoren: das durch die Neuausstattung der Haushalte bedingte Anwachsen zu entsorgender Altbestände, die Chemisierung der Produkte und damit das Schadstoffproblem von Müll und Abfall, die neuen

Konsummuster der Produktverpackungen und die entstehende ›Ex- und Hopp-‹-Mentalität. Die Wirtschaftswunderzeit führte direkt in den Müllnotstand, der in den 1970er Jahren ausgerufen wurde. Zu dieser Zeit existierten auf dem Gebiet der damaligen Bundesrepublik über 50.000 Deponien. Sie wurden später als ›wilde‹ oder ›ungesicherte‹ Deponien bezeichnet, obwohl sie alle gesetzeskonform eingerichtet waren und betrieben wurden. Es ist die sekundäre Wildheit und Unsicherheit der ungebändigten Nebenfolgen, deren Potential an Belästigung und Gefährdung allmählich wahrgenommen wurde.

Wie auch bei den anderen in diesem Buch vorgestellten Fällen, insbesondere aber beim Sempachersee (Kap. 6), stellte sich im Verlauf der Versuche zur Problemlösung heraus, dass diese ohne gezielte Forschung und den Aufbau von Realexperimenten nicht zu leisten sind. Je länger die Entwicklung der Abfallentsorgung andauert, desto genauer ist sie im Gestaltungszyklus (Abb. 1.4, S. 21) interpretierbar.

Seit den 1960er Jahren, in denen das Anwachsen des Mülls zur so genannten ›Mülllawine‹ zum Handeln zwang, lässt sich dieser Lernprozess bis in die Gegenwart verfolgen. An ihm sind in verschiedenen Konstellationen ein zunehmendes wissenschaftliches Verständnis der Entsorgungsketten, technologische Anlagen der Behandlung und Deponierung, der organisatorische Aufbau des Sammelns und Transportierens und die sozio-kulturellen Einstellungen der Bevölkerung beteiligt. Man kann diesen Prozess einerseits in Phasen einteilen, die aufeinander aufbauen und daher in einem gewissen Sinne einen Mehrfachdurchlauf durch unseren Gestaltungszyklus des rekursiven Lernens darstellen. Jedoch sind der jeweilige Bruch mit dem vorhergehenden Paradigma der Entsorgung und der Beginn eines ganz neuen Lernzyklus genauso ausgeprägt. Neben dem Paradigmenbegriff, der hier in Anlehnung an die seit Thomas Kuhn (1976) in der Wissenschaftsforschung gebräuchlichen Form verwendet wird, um das jeweilige zentrale ›Dogma‹ der Entsorgungspraxis hervorzuheben, ist noch ein zweiter Grundbegriff sinnvoll, der das Zusammenspiel zwischen regulatorischen und administrativen Körperschaften, Unternehmen, Verbänden, Anlagebetreibern und beteiligter Bevölkerung zu erfassen versucht. Es kommen dafür verschiedene Varianten in Frage, jene des Netzwerkes, des Regulierungsregimes oder neuerdings der Governance (Lahusen 2003). Während der Begriff »Innovationsnetzwerk« am stärksten die Einführung neuer Technologien hervorhebt, betont der Regulierungsbegriff die normativen Aufgaben und der Governancebegriff das Zusammenwirken öffentlicher und ziviler Akteure. Da dieses Kapitel einen langen Zeitraum umfasst, spielen diese unterschiedlichen Akzente bei der Koordination der Akteure zu verschiedenen Zeitpunkten auch eine verschieden starke Rolle. Daher begnügen wir uns mit einer flexiblen Beschreibung. Der Governancebegriff

kommt am stärksten in der letzten von uns betrachteten Phase der Lösungsversuche für das Müllproblem in den 1990er Jahren zum Tragen. In dieser Phase entschied der Gesetzgeber, aus dem staatlichen Monopol der Entsorgungsverantwortung auszusteigen und ein privatwirtschaftliches Abfallbewirtschaftungssystem aufzubauen, in dessen Zentrum die Vermeidung der Entstehung von Müll stehen sollte. Dies ging nur durch umfangreiche Vorverhandlungen, ein kontinuierliches Gesetzgebungswerk, den Aufbau der neuen Organisationsstruktur »Duales System« und die Kooperation aller einzelnen Haushalte (siehe hierzu Kapitel 7.5). Hier trifft also ein neues Paradigma der stofflichen Wiederverwertung in einer Kreislaufökonomie mit einer neuen regulatorischen Governancestruktur zusammen. Deren Aufbau trägt, wie wir behaupten wollen, experimentelle Züge.

Wenn man die überkommene »wilde« Deponierung hinzurechnet, dann kann man seit Beginn des 20. Jahrhunderts bis zur Gegenwart fünf Paradigmen der Entsorgung unterscheiden, die sich in grober Vereinfachung den jeweiligen Dekaden zuordnen lassen. Das jüngste Paradigma der in den 1990er Jahren entstandenen Kreislaufwirtschaft ist mit Sicherheit nicht das letzte. Ein neues ist bereits in seiner Definitionsphase. Bei der hier vorgenommenen, schematischen Abgrenzung nach historischen Kriterien gibt es zudem erhebliche zeitliche Überlappungen. Tabelle 1 gibt einen Überblick:

*Tabelle 1: Paradigmen der Entsorgung*

1900-1960	Müllkippen als örtliche Entsorgungszentren
1960-1970	Zentralisierte, geordnete Deponie
1970-1980	Integrierte hochtechnische Entsorgungssysteme (Verbrennungsanlagen und Deponiebauten)
1980-1990	Sozio-technische Hol- und Bringsysteme
1990-2000	Geschlossene Kreislaufwirtschaft
2000-2010	Stoffstromanalyse und Ressourcenmanagement

Trotz der zeitlichen Abfolge bleiben die Paradigmen aufeinander bezogen. Die vorhergehenden werden nicht abgebrochen oder abgelöst, weil sie vollständig ergebnislos gewesen wären. Viele der Teilerkenntnisse gelten als ein erhärteter Bestand des ökologischen, technischen und sozialen Wissens – unter ihnen gerade solche, die aus Realexperimenten gewonnen wurden. Dennoch hat kein Paradigma zu einem umfassenden und dauerhaften Erfolg geführt. Etwas übertrieben ließe sich, wie auch im Falle der Mkwaja Ranch, eher von »Sackgassen des Lernens« sprechen. Jedes Paradigma be-

reichert das Wissen über Müll durch fehlgeschlagene Experimente, durch Unfälle, unerwartete Langzeiteffekte und durch die Entdeckung neuen Nichtwissens. Jedoch weiß man am Ende einer jeden Periode der Abfallbewirtschaftung deutlich besser, welche Techniken und Strategien man zu unterlassen hat, um das Müllproblem zu bewältigen. Die Entscheidungen für ein neues Paradigma mit neuen Technologien und Regulationen vermeiden begangene Fehler, sind aber an neue Ungewissheiten über ihre Funktionsfähigkeit gebunden. Hinzu kommt der Einfluss veränderter Werthaltungen auf den Aufbau neuer Paradigmen. Es ist offensichtlich, dass trotz des guten halben Jahrhunderts Entwicklung das Müllproblem regional, europaweit und erst recht global einer nachhaltigen Lösung nicht näher gekommen ist. Obwohl es bessere und schlechtere Lösungen für einzelne Aspekte gibt, existiert kein Modell, dessen Extrapolation im Sinne eines verallgemeinerungsfähigen Wissens der Vermeidung und Entsorgung von Müll und Abfall als begründet und erprobt betrachtet werden kann. Daneben bestehen auch keine regionalen Modelle, welche die dort dominanten Entsorgungsprobleme so lösen könnten, dass die Lösungen nicht zu einem erheblichen Teil auf eine Externalisierung der Probleme in andere Regionen oder auf zukünftige Generationen hinauslaufen.

## 7.2 Die ›wilde‹ Deponierung und die ›geordnete‹ Deponie

Der rasante Anstieg des Konsums in der Nachkriegszeit während des so genannten Wirtschaftswunders ließ die Mengen an Verpackungsmaterial um ein Vielfaches ansteigen und führte zum Wegwerfen von immer mehr veralteten Gütern und unnützen Materialien. Reparatur und Wiederverwertung wichen der Neuanschaffung. Müll im Überfluss ist das Komplement der »Überflussgesellschaft« (Galbraith 1970; Packard 1991). Die seit der Jahrhundertwende eingerichtete Müllabfuhr in den Städten tat ihren Dienst, die kleineren Orte besaßen ihre Müllkippen am Ortsrand. Die eingerichteten Müllkippen wurden jedoch spätestens in den 1950er Jahren zu klein, die Genehmigung neuer wurde wegen der beginnenden Besiedlung der Ortsränder prekär. Die einsetzende Entsorgung synthetischer Stoffe trug dazu bei, dass die Müllmengen nicht nur quantitativ, sondern auch im Wortsinne explodierten. Vor allem hatte der Gesetzgeber durch das Wasserhaushaltsgesetz 1960 der Ausweisung neuer Deponien enge Grenzen gezogen, weil erkannt wurde, dass Müllkippen zur Verunreinigung beitrugen. Die Metapher von der ›Mülllawine‹ kam auf und verlieh dem Problem politische Priorität. Der Aufbau eines modernen Regulationsregimes wurde

durch Gründung von Ämtern und gesetzgeberischen Maßnahmen unterstützt.<sup>80</sup>

Obwohl die Entwicklung noch entfernt ist von einem durchgestalteten Lernprozess, lassen sich die zentralen Überraschungen markieren, die das aus dem späten 19. Jahrhundert stammende Entsorgungsmodell zusammenbrechen ließ: der übermäßig starke und schnelle Zuwachs an Müllmengen, die mit der weiteren Vermehrung ungeordneter Deponien verbundenen Gefahren für das Grundwasser und die Belästigungen für die Siedlungen.

Die entscheidende Zielgröße für den Aufbau einer Entsorgungstechnologie war die Volumenreduktion des Mülls. Eine Nebenbedingung bestand darin, das Grundwasser vor Kontamination und Verschmutzung zu schützen. In diesen Phasen bildete sich der erste realexperimentelle Lernzyklus heraus, jedoch ohne als solcher angelegt worden zu sein. Durch den Entsorgungsnotstand gezwungen, werden in den 1970er Jahren drei technologische Alternativen verfolgt, deren Leistungsfähigkeit angesichts der neuen chemischen Stoffklassen unbekannt war. Die eine war die »zentrale, geordnete und verdichtete Deponie« (Herbold/Wienken 1993: 95f.), die zweite setzte auf eher dezentrale Kompostierung und Verrottung, die dritte auf Verbrennung. Mechanische, biochemische und thermische Müllbehandlung wurde in unterschiedlichen Anlagen realisiert und boten den Wissenschaftlern Gelegenheit, ihre Hypothesen zu testen. Bei den einsetzenden Kontroversen spielten ökonomische Gründe eine erhebliche Rolle. Die Kosten für die Verbrennung waren um ein Vielfaches höher als für die Verdichtung. Ein erheblicher Vorteil der Kompostierung war, dass die Kombination von Hausmüll und Klärschlamm eine schnelle Verrottung versprach, deren Volumenreduktion mit der Verbrennung konkurrieren konnte. Vorteile der Verbrennung waren die effiziente Bewältigung der stark anwachsenden Verpackungsfractionen und die Aussicht auf den Verkauf der Abwärme. Die kostengünstigste und verbreitetste Methode war die mechanische Komprimierung. Es ging dabei darum, durch Verdichtung der Stoffe und eine darauf abgestimmte Vorsortierung nach verschiedenen Kategorien mehr Masse im Deponievolumen unterzubringen, diese zugleich größer auszulegen und die Anzahl der Deponien durch geeignete zentrale Lagen in den Siedlungsräumen zu verringern. Sofern hierbei überhaupt Umwelterwägungen eine Rolle spielten, ging es um die Verringerung der Geruchsbeläs-

**80** | Zu ihnen sind zu rechnen die 1963 gegründete »Länderarbeitsgemeinschaft Abfallbeseitigung« (LAG) und die 1966 im Gesundheitsministerium eingerichtete »Zentralstelle für Abfallbeseitigung« (ZfA). Richtlinien, Merkblätter, Verordnungen und Gesetze führten auf allen politischen Ebenen (Kommunen, Ländern, Bund) dazu, die »wilde« Deponierung einzustellen.

tigungen und der Vermeidung der ästhetischen Landschaftsverschandelungen (vgl. Langer 1969). Immerhin schrieb das Wasserhaushaltsgesetz eine Auswahl geeigneter Böden und mechanische Verdichtung des Untergrundes vor. Die geordneten, komprimierten Deponien hatten aus Kostengründen größte Verbreitung, wenn auch die technische Faszination von den Verbrennungsanlagen ausging, hinter denen industrielle Betreiber der Kohle- und Stahlindustrie standen. Die Alternative der Kompostierung blieb hingegen eher randständig.

Retrospektiv erscheinen die Kontroversen über die ökonomischen, hygienischen und ästhetischen Unterschiede dieser technischen Alternativen vor allem sorglos. Erst mit der Gründung der Zeitschrift »Müll und Abfall« 1969 entstand ein Organ, das zwischen wissenschaftlicher Analyse und praktischen Erfahrungen vermittelte und dazu beitrug, ein völlig neues Bild der Problematik zu entwerfen – gewonnen aus den teilweise sehr überraschenden und besorgniserregenden Beobachtungen der Ablagerungen in den neuen Deponien. Hinter den Vorstellungen von Zentralisierung, Verdichtung und Ordnung stand ein naturphilosophischer Mythos von den »Selbsteilungskräften der Natur«. Er sollte helfen, die Massierung von ökologischen Problemen zu verdrängen, die vor allem im Grundwasserbereich einer solchen Konzentrierung folgen würden. Im Zusammenhang mit der Auswertung der laufenden Deponiebetriebe entstand ein interdisziplinäres Forschungsfeld, in dem zum ersten Mal die Frage nach der »Natur« des Mülls gestellt wurde: nicht in ökonomischen Begriffen des nutzlosen Eigentums und in politischen der Vorsorge der Entsorgung, sondern in denen von Biologie und Chemie. Unter den analytischen Augen der Wissenschaftler verlor der Begriff »Müll« seine lebensweltliche Identität als wertloses Objekt, das es unsichtbar zu machen gilt (»aus den Augen – aus dem Sinn«). Die Forschung entdeckte seine Komplexität und damit die Probleme seiner technischen Beherrschbarkeit. »Aufgrund der Vielstoffproblematik ist das ökologische Risiko, das von Abfällen ausgeht, jetzt und in Zukunft prinzipiell nicht kalkulierbar«, heißt es in einer späteren Zusammenfassung (Hahn 1989: 2). Eine weitere wichtige Beobachtung war die Veränderung des Mülls über die Zeit, weil er ständig mit neuen chemischen Substanzen angereichert wurde (Wallhäußer 1972). Dann wurde offensichtlich, dass die lokal gegebene unterschiedliche Zusammensetzung jeder Mülldeponie aus verschiedenen Müllfraktionen es erschwerte, dass lokal gewonnene Wissen an anderer Stelle einzusetzen.

Aus diesen drei Einsichten – Inhomogenität, zeitlicher Wandel, lokale Spezifität – folgt, dass der Begriff »normaler Müll«, der massenweise in Haushalten anfällt, Merkmale wie Irregularität, Unvorhersehbarkeit und Unkontrollierbarkeit aufweist. Damit wurde das Thema Haushaltsmüll für die Wissenschaft beinahe zu einem noch größeren Problem als die gefährli-

cheren, aber besser isolierten und verstandenen Sonderabfälle der chemischen und der Nuklearindustrie. Es dauerte entsprechend lang, bis die Forschung in der Lage war zu erkennen, was genau unbekannt ist.

Im Folgenden wird gezeigt, wie diese Installationen und die ihr zugrunde liegende Philosophie zum Ausgangspunkt von wissenschaftlichen Kontroversen der Abfallforschung wurden. Verhältnismäßig schnell wurde klar, dass eine laborexperimentelle Aufklärung der Prozessdynamik in Deponien nicht hinreichen würde, sondern dass die neu geschaffenen Deponiekörper selbst herangezogen werden müssen. Damit erhielten sie, wie zu sehen sein wird, einen realexperimentellen Charakter, ohne dafür errichtet und ausgerüstet worden zu sein. Ansätze, über eine laborwissenschaftliche Standardisierung und Kontrolle des Mülls weiterzukommen, wurden unternommen, blieben aber marginal. In einem Bericht über die Forschungsstrategie der ›Normalisierung‹ heißt es:

»Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß es für eine Weiterentwicklung der im Bereich der Entsorgungswirtschaft eingesetzten Anlagentechnik wesentlich ist, Versuche an Realanlagen durchzuführen. Hierzu ist es unumgänglich, ein Gut zu schaffen, mit dem es möglich ist, mit vertretbarem Aufwand reproduzierbare Versuche durchzuführen« (Wehking/Holzbauer 1989: 248).

Der Strategie, die Anlagen so weit wie möglich den Bedingungen des Labor-experimentes anzupassen, sind technische und politische Grenzen gezogen. Ihr steht die Strategie gegenüber, von vornherein die spezifischen Charakteristika jeder Anlage, ihres Inhalts, ihrer engeren geologischen und hydrologischen Umgebung, Einbettung in die Grundwasserkartierung und Siedlungsstruktur Rechnung zu tragen und von dieser Basis aus ihre Betriebsweise, mittelfristige Prozessdynamik, Wahrscheinlichkeiten und Folgen des Fehlversagens und Probleme der Langzeitsicherung zu analysieren. In diesem Sinne stellte einer der führenden Wissenschaftler in diesem Feld, der spätere Leiter des Bundesumweltamtes Klaus Stief, heraus, dass jede Deponie »ein Einzelstück« sei. Daraus folgt für ihn:

»Gewißheit über das Deponieverhalten erhält man erst durch Messungen in der Betriebsphase und in der Nachsorgephase. Die Übertragung von Kenntnissen und Erfahrungen von einer Deponie auf die andere ist immer mit Vorsicht zu genießen« (Stief 1991: 33).

Diese Auffassung Stiefs stand jedoch nicht am Anfang der Forschungen über Deponien. Stief selbst hatte bereits 1979 die Standardisierung der Untersuchungsmethoden und Auswertung der Ergebnisse eingefordert, um zumindest die Datenbasis für die Verallgemeinerung und Anwendbarkeit



von Erkenntnissen zu schaffen. Zu Beginn der Entwicklung waren die Planer und Wissenschaftler eher von der Haltung geprägt, dass die Wissensbasis genüge, um Bedenken zu zerstreuen, die bei Behörden und Anwohnern durch Erfahrungen mit ›wilden‹ Deponien bestanden. Ungewissheit und Unsicherheit und die vorsichtige Einschätzung der Deponien als Unikate sind Ergebnisse von Lernprozessen, in die sowohl die laborwissenschaftlichen als auch die realexperimentellen Befunde eingehen. Auf der einen Seite findet eine wachsende Kontextualisierung von Forschung im Hinblick auf die Planung und Betriebsnahme von Installationen und ihren natürlichen und sozialen Umgebungen statt. Auf der anderen Seite kann man die Dekontextualisierung von Forschung beobachten, wenn es darum geht, das Verhalten von Müll zu modellieren und zu simulieren und neue Formen des Baus und Techniken der Beobachtung zu entwickeln.

Wir betrachten die schrittweise Entstehung des realexperimentellen Bewusstseins am Beispiel des Sickerwasserproblems an Anlagen, die dafür nicht entworfen waren. In den 1970er Jahren wurden bedenkliche Beobachtungen zu Verunreinigungen des Grundwassers infolge des Deponiebetriebes gemacht. Im Sinne unseres Gestaltungszyklus (Abb. 1.4, S. 21) sind diese Beobachtungen Überraschungen, da sie den Erwartungen an eine Umwandlung der abgelagerten Stoffe und an eine hemmende Abdichtung des Bodens widersprachen. Untersuchungsergebnisse des Bayerischen Geologischen Landesamtes

»ließen keinen Zweifel über die außerordentlich starke Verunreinigung des Grundwassers durch die Mülldeponie aufkommen, so daß als nächstes die Ausbreitung [...] und die Reichweite untersucht werden mußten« (Exler 1972: 103).

Der Bericht endet mit einer moderaten Empfehlung:

»Aus diesen Gründen wäre es zweckmäßig, vor Anlage einer neuen Mülldeponie die hydrogeologischen Verhältnisse rechtzeitig zu untersuchen, um abschätzen zu können, was passiert, wenn trotz der Vorsichtsmaßnahmen wasserlösliche Stoffe ins Grundwasser gelangen« (ebd.: 112).

Der Begriff »Abschätzung« deutet an, dass die gebaute Deponie faktisch der Ort wäre, um an die gemessenen Zahlen heranzukommen. Zu dieser Zeit (1972) verdichtete sich das wissenschaftliche Meinungsbild, dass die verfügbaren Messungen der Grundwasserverschmutzung eine Theorie der ›Selbstreinigung‹ in Frage stellten, die für den bisherigen Deponiebau eine beruhigende Wirkung ausgeübt hatte. Mit dieser Theorie konnte vermeintlich nachgewiesen werden,

»daß es aufgrund ›rasanter mikrobiologischer Abbauvorgänge‹ innerhalb von Deponien sowie in den Bodenformationen im unmittelbaren Einflußbereich derselben zu einer weitgehenden Eliminierung abbaubarer organischer Verbindungen kommt und negative Auswirkungen der Abfallagerstätte auf das Grund- und Oberflächenwasser in der Regel regional eng begrenzt bleiben und bislang zu keinen nennenswerten Mißständen geführt haben« (Schrammeck 1973: 214).

Der Autor war kein Anhänger, sondern einer der frühen Kritiker der Theorie. Er fügte hinzu, dass diese Theorie dafür verantwortlich zu machen sei, dass die überwiegende Mehrzahl (geschätzte 84 Prozent) der neu gegründeten Zentraldeponien ohne Basisabdichtungen ausgelegt wurden. 1975 stellte einer der führenden Wissenschaftler fest:

»Alle Autoren, welche bislang auf dem Gebiet der Untersuchungen über das Verhalten des Sickerwassers im Untergrund gearbeitet haben, erklären mit den Praktikern übereinstimmend, daß Abfallhalden das Grundwasser erheblich verunreinigen« (Cube 1975: 44).

Diese gemeinsame Erwähnung von Forschern und Praktikern wurde in den folgenden Jahren immer häufiger. Jedoch ging es zunächst nicht um strategische Allianzen, sondern um die Infragestellung der gängigen Expertenmeinung:

»Bis heute kann man die Zone der zu erwartenden Verunreinigungen unterhalb von Mülldeponien nur abschätzen, ein Berechnungsverfahren existiert bisher nicht. Es bleibt daher auch in Fachkreisen ein gewisses Unbehagen, wenn die Rede auf mögliche Verunreinigungen von Oberflächen- und vor allem Grundwasser durch Abfalldeponien kommt« (Hantge 1975: 1).

Es waren jedoch genau diese Fachkreise gewesen, die die Unbedenklichkeit des verdichteten Deponiebaus attestiert und daraus die für die Planungsbehörden anleitenden Regelungen abgeleitet hatten. Um eine Stimme von 1965 zu nennen: »Bei der Einhaltung dieser Richtlinien sind keinerlei Gefährdungen mehr zu befürchten, und die vielerlei Bedenken gegen bestimmte Ablagerungsplätze können zerstreut werden« (Klotter 1965: 366). Dass in der gesamten Vorgehensweise weitaus größere Risiken als erwartet auftraten, führte nicht nur zu einer vorsichtigeren Ausdrucksweise, sondern auch zu einer Annäherung an eine realexperimentelle Konzeption. Man kann das an der skeptischen Argumentation eines der führenden Autoren nachzeichnen:

»Abschließend läßt sich sagen, daß der aktuelle Kenntnisstand der Abfallforschung die *widersprüchlichsten Auffassungen* widerspiegelt, daß noch sehr viele Fragen offen sind und damit einen rational und verantwortungsbewußt denkenden Fachmann dazu zwingen, vor *Abschluß der Forschungen* so vorsichtig wie nur möglich zu handeln« (Cube 1975: 47, unsere Hervorhebungen).

Der erhoffte »Abschluß der Forschung« war offensichtlich an Beobachtungen gebunden, die sich aus neuen Installationen ergaben. Damit rückten diese in den Mittelpunkt der »widersprüchlichen Auffassungen« der Forscher und die übliche Kaskade zwischen wissenschaftlich erprobtem und anerkanntem Wissen und seiner Implementierung in technischen Anlagen wird in ihrem Gefälle umgedreht. Was immer seitdem an Maßnahmen zur Vermeidung von Grundwasserbelastungen vorgeschlagen wurde, unterlag dem Vorbehalt »offener Fragen«. Diese erstreckten sich auf die Abdichtungsqualitäten von verschiedenen Bodenarten, auf mechanische Verdichtungsmöglichkeiten, auf die Reaktionen synthetischer Materialien, auf Eigenschaften von Dichtungsfolien unter mechanischer Belastung und chemischen Wechselwirkungen. Die Forschung an den Deponiekörpern war eröffnet. Das Schlüsselproblem der Basisabdichtung der Deponien zog andere nach sich. Angenommen, die Abdichtung erfüllt alle Anforderungen ideal – was geschieht dann mit dem Wasser, das in die Deponie hineinge-rät? Zwei Theorien lagen hierzu im Wettstreit. Die eine warnte:

»Erst nach einigen Jahren der Praxis ergeben sich vorher ungeahnte Schwierigkeiten, vor allem durch das Auftreten sehr konzentrierter Sickerwässer, die einer kostspieligen Aufbereitung bedürfen« (Hantge 1975: 2).

Die andere Theorie sagte voraus, dass das kontaminierte Wasser, wenn es kontinuierlich zurückgeführt wird (»Sickerwasserkreislaufführung«), chemisch gesättigt oder inert werden und also keine weiteren Reaktionen eingehen würde. Zwischen der aufgebrochenen wissenschaftlichen Skepsis und der Deponiepraxis taten sich immer größere Differenzen auf. Während auf der einen Seite das Vertrauen in die rechtliche Ordnung der Deponierung sogar dazu führte, dass neue Wohnsiedlungen auf geschlossenen Deponien errichtet wurden, die wegen der Gesundheitsbelastungen später zu öffentlichen Skandalen führten (siehe nächsten Abschnitt), wurden die Stimmen der Experten leiser und vorsichtiger. Stegmann und Ehrig fassten den Stand empirischer Forschung zusammen:

»Umfang und Abhängigkeiten der biologischen Stoffumsetzungsprozesse in Mülldeponien sind noch weitgehend unbekannt. Aus diesem Grund kann eine Steuerung

dieser Prozesse in der Praxis durch geeignete Betriebsweisen nur bedingt durchgeführt werden« (Stegmann/Ehrig 1980: 49f.).

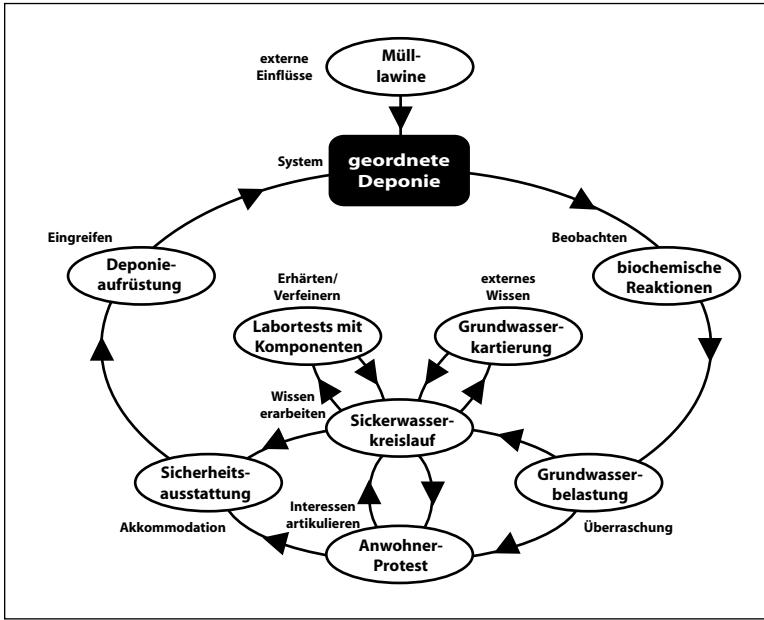
Und wieder wird der Übergang von Beobachtung zu Realexperimenten empfohlen:

»Aufgrund dieser und weiterer Überlegungen sollten Vorschläge zur Millieuverbesserung für die biologischen Abbauprozesse im Deponiekörper in der Praxis auf ihre Wirksamkeit geprüft werden« (ebd.).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Paradigma der zentralen, geordneten und komprimierten Deponie an sorgfältig ausgewählten Standorten aus ordnungspolitischer Sicht eine Lösung der bestehenden Probleme war, die mit ›wilden‹ Deponien nicht zu erreichen gewesen wären. Jedoch erwies sich die technische Wissensbasis als äußerst unzulänglich. Die Überraschungen, ausgelöst durch die biochemischen Reaktionen im Deponiekörper und Grundwasserbelastungen, führten zu Konflikten, die immer schwieriger auszuhandeln waren. Die durch die Deponien in Gang gekommenen Untersuchungen führten letztendlich zu der Erkenntnis, dass die einfache Großdeponie aufgegeben werden musste und mit neuem Wissen über den Sickerwasserkreislauf und der Basisabdichtung zu einer geordneten Deponie aufgerüstet wurde. In unserer Beschreibung des Gestaltungszyklus eines Realexperiments lassen sich die Überraschungen und ihre Verarbeitungen mit den folgenden beispielhaft herausgegriffenen Kategorien charakterisieren (Abb. 7.1).

Deutlich geworden ist, dass ein großer Teil des Forschungsaufwands dazu diente, Überzeugungsnaivitäten infrage zu stellen und durch seriöses Nichtwissen zu ersetzen. Nichtwissen ist keineswegs der Ausgangspunkt der Forschung, sondern ergibt sich erst aus einem weit fortgeschrittenen Zustand der durch Überraschungen angestoßenen Infragestellung von anerkannten Praktiken und Theorien. Zugleich war zu beobachten, dass relevantes Wissen in der Interaktion mit den Praktikern gewonnen wurde (Schenkel 1975: 12f.). So ist vorgezeichnet, dass praktisches Experimentieren als der Ausweg gesehen wird, der von dem neuerlich erreichten *Niveau der wissenschaftlichen Unwissenheit* wieder zurückführt zu einer wissenschaftsbasierten verlässlichen Praxis. Der Durchgang durch diesen Lernzyklus soll hier geschlossen werden.

Abb. 7.1: Der Weg von der Mülllawine zur geordneten Deponie



### 7.3 Experimentaldeponien: Die Verknüpfung von Theorie und Praxis

In einer nächsten Phase, die ungefähr die 1980er Jahre umfasst, geht es um eine bessere Organisation der Beziehungen zwischen Deponiepraxis und Forschung sowie einer Deponietechnologie, die einer methodischen Beobachtung zugänglich ist. Die Zugänglichkeit der Deponien für die Datengewinnung, Kartierung der Einlagerungen, Eingriffsmöglichkeiten für Reparaturen bei auftretenden Schäden, Einplanung der technischen Nachrüstung gemäß dem Stand der Forschung und Durchplanung der Betriebsdauer und Nachsorge führten zu dem Paradigma, das die »kontrollierte Deponiebautechnik« genannt werden kann. Wenn zu dieser Ausstattung noch moderne Verbrennungsanlagen hinzukamen, die die Deponien nur mit inerten Schlacken und Filterstäuben belasteten, stieg die Kontrollierbarkeit noch einmal an. Von Seiten der wissenschaftlichen Experten wurde immer stärker der Wunsch geäußert, die Betriebsformen so zu organisieren, dass auch längerfristige und vergleichende Beobachtungen möglich werden

würden. Auch dies ist ein wichtiger Aspekt der Kontrollierbarkeit. Die neue Gestaltungsidee, Sicherheit durch hochtechnische Ausstattung, Kontrolle und Reparatur zu gewährleisten, wurde in den 1980er Jahren darüber hinaus an den intensiven Umweltdiskurs in der BRD angepasst. In der engagierten Öffentlichkeit wie auch bei Stakeholdern konnten allenfalls Anlageplanungen Bestand haben, die dem kritischen Blick von wissenschaftlich geschulten Gegenexperten standhielten.

1980 schlossen sich 15 Institute zur »Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute« (AGÖF) zusammen, sodass kritisch-technischer Sachverstand eine für alle Umweltinitiativen zugängliche Ressource wurde. Dies bedeutete zumindest für die Neuplanung von Anlagen das Ende aller auf Kosteneffizienz reduzierten Planungen. Ein weiterer Aspekt kam hinzu: Die Gegenexpertise entwickelte auch strategische Alternativkonzepte sowohl in technischer als auch in organisatorischer Hinsicht. Hierdurch spielten die an den Rand gedrängten Kompostierungs- und Rotteverfahren wieder eine Rolle, Müllvermeidung und Recycling gewannen in der Diskussion immer mehr an Bedeutung.

Entsorgung wurde zu einem wissenschaftsbasierten, hochtechnologisierten und kostenintensiven Feld der Planung – immer im Visier von Umweltschützern und lokalen Bürgerinitiativen. Skandale pflasterten den Weg dieser Planungen. 1981 wurden die Gesundheitsbelastungen und Umweltschäden der Deponie Münchehagen bei Hannover bekannt, der Betrieb wurde 1983 eingestellt und es schlossen sich weithin beobachtete Verhandlungen über Sanierung und Entschädigung an, die erst 1997 abgeschlossen wurden. 1983 wurde die leichtfertige Überbauung einer Deponie in Bielefeld-Brake ein zentrales lokalpolitisches Thema mit Einfluss auf die kommunalen Wahlentscheidungen (Herbold et al. 2002: 270). Ebenfalls 1983 begann der Dioxinskandal der Mülldeponie Hamburg-Georgswerder, auf der Abfälle der Chemiefirma »Boehringer« abgelagert worden waren. Zeitgleich stellte sich heraus, dass die neuen Technologien der Müllverbrennungsanlagen nicht vor Dioxinbelastungen schützen, sodass mit der »Technischen Anleitung Luft 1986« neue Grenzwerte eingeführt werden mussten. Bereits 1984 beantragten die Grünen im Bundestag die Stilllegung aller Müllverbrennungsanlagen (Keller 1998: 100).

In diesem problematischen Umfeld mussten Politik, Verwaltung und Wissenschaft einen Weg finden, das Entsorgungsproblem dem neuen Umweltbewusstsein und den gestiegenen Sicherheitserwartungen entsprechend anzupassen. In unserem Zusammenhang interessiert dabei der »Ausweg Forschung«. Bereits 1977 schlug Stief vor, ein Netzwerk von Akteuren aufzubauen, um die neue Strategie der hochtechnologischen Ausstattung und der organisatorischen Kontrolle umzusetzen. In klaren Wor-

ten, wenn auch ohne Verwendung des Begriffs, wird formuliert, dass es sich dabei um Realexperimente handeln würde:

»Die Zusammenarbeit von Forschern und Deponiebetreibern sowie dem Deponiepersonal ist häufig die Basis für eine erfolgreiche Forschung. In Zukunft muß darauf hingearbeitet werden, daß die Erfahrungen und die Erkenntnisse aus den Forschungsvorhaben den für die Deponie Verantwortlichen noch schneller und direkter und nicht erst in einem wissenschaftlichen, schwer lesbaren Forschungsbericht zur Verfügung gestellt werden. Die erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen Deponiebetrieb und Forschung erfordert in manchen Fällen auch den Mut und die Verpflichtung zu Betriebsmaßnahmen, die nicht dem neuesten Stand der Technik entsprechen. So muß z.B. bei einem Vorhaben, das über 3 Jahre läuft und auf eine bestimmte Deponietechnik ausgerichtet ist, [...] diese Betriebsweise durchgehalten werden, wenn man verlässliche Aussagen aus der Forschung erwarten will« (Stief 1977: 334).

In dem Zitat kommt zum Ausdruck, dass es zu einer institutionellen Koordination zwischen Betreibern, Personal und Forschern kommen muss, die so etwas wie ein ›Forschungsteam‹ bilden. Dabei werden die Ausrichtung des Betriebs auf die Bedürfnisse der Forschung nach Kontrollgrößen und Aufrechterhaltung einer ›Versuchsanordnung‹ herausgestellt. Dass jedoch bei der Umsetzung dieses Konzepts der realexperimentellen Forschungsdeponie ökonomische und verwaltungspolitische Schwierigkeiten bestanden, wird angedeutet durch ein Zitat desselben Autors am Ende der 1980er Jahre. Er erhebt immer noch dieselbe Forderung:

»Der Umbruch der Deponietechnik dürfte darin bestehen, daß sich der Deponiebetrieb an Zielvorgaben für das Deponieverhalten orientiert, und daß durch ständige Messungen versucht wird, das ›wahre‹ Deponieverhalten zu ermitteln und dem ›gewünschten‹ Deponieverhalten anzupassen« (Stief 1989: 23).

Einer der entschiedensten Vertreter der realexperimentellen Anlage von Deponien war Werner Schenkel, der erste Direktor und Professor am Umweltbundesamt Berlin, der dort den Fachbereich Abfallwirtschaft und Wasserwirtschaft leitete. Das folgende Zitat zeigt, dass von der Vorstellung einer vorweg gegebenen technischen Verlässlichkeit Abstand genommen und durch das Prinzip der Reparierbarkeit ersetzt werden muss. Reparierbarkeit setzt Beobachtbarkeit voraus, die wiederum auf kontrollierten Bedingungen beruhen muss, um aussagekräftig zu sein. Die Möglichkeit der Reparatur kann dann definiert werden als Kontrolle bei Kontrollverlust. In diesem Sinne beschreibt der nachfolgende Forderungskatalog von Schenkel alle Schritte eines reflektierten Designs einer Deponie als Realexperiment:

»Es zeigt sich nun, daß dazu völlig neue Anforderungen an Lebensdauer und Funktionsfähigkeit entwickelt werden müssen. [...] Unsere Denkweise auf dem Deponie-sektor, für wichtige, aber praktisch nicht reparierbare Bauteile eine unbegrenzte Lebensdauer anzunehmen und gleichzeitig für gut zugängliche Bauteile die üblichen Abschreibungszeiten als Lebensdauer vorzusehen, hat sich in der Realität nicht durchgesetzt. [...] *Vor allem fehlt es an der konsequenten und systematischen Sammlung von Kenntnissen* über das Langzeitverhalten von abgelagerten Abfällen. Es hat sich gezeigt, daß in F&E-Vorhaben nur erste Hinweise erhalten werden können. Der *Nachweis obliegt jedem einzelnen Deponiebetreiber* bzw. dem Eigentümer. Die so gesammelten Informationen, so wichtig sie für den Einzelfall sind, wären vergeudet, würde man sie nicht *wissenschaftlich auswerten* und vergleichen. Um das zu erreichen, bemühen wir uns, die *Langzeituntersuchungen* an Deponien zu initiieren« (Schenkel 1980: 343, unsere Hervorhebungen).

Unter Anleitung dieser Konzeption avancierte die Planung von Deponien zum Entwurf von hochtechnischen Deponiebauwerken. Ein weiterer Vor-satz war, Deponien in Lagerhäuser mit wiederverwertbaren Sekundärrohstoffen umzuwandeln. Das Schlüsselwort dafür war die Rückholbarkeit. Ein außergewöhnliches Ansteigen technischer Standards und finanzieller Investitionen waren der Preis, mit dem diese Kompromisse bezahlt wurden.

Es ist offensichtlich, dass die Wissenschaftler in den verantwortlichen Positionen des Umweltbundesamtes, wie Stief und Schenkel, in der brisanten öffentlichen Kontroverse über zukunftsweisende Müllentsorgung den Ausweg nicht mehr in einer unglaublich gewordenen Sicherheitsrhetorik sahen, sondern in der Integration der Forschung in die Planung und den Betrieb der Deponien. Die Kompetenz der Forschung, kontrolliert zu beobachten und Überraschungen schnell zu analysieren, erschien als ein rationaler Ausweg. Jedoch zeigt die folgende Episode, dass in der Öffentlichkeit die Bereitschaft für ein solches prozedurales Sicherheitskonzept oder Risikomanagement nicht vorhanden war.

Eine der letzten Planungen für eine neue Hochtechnologie-Deponie war die Verbunddeponie des Kreises Herford und der kreisfreien Stadt Bielefeld, deren Planung Ende der 1980er Jahre begann, um erwartete Entsorgungsengpässe zu vermeiden.<sup>81</sup> Technologisch sollte die Deponie den höchsten Ansprüchen an Problemlösungen mit Blick auf eingebaute Si-

**81 |** Diese Deponieplanung war bereits Gegenstand eines Lehrforschungsprojektes an der Fakultät für Soziologie der Universität Bielefeld. Siehe hierzu Herbold et al. (1992). Zu der als vorbildlich erachteten Vorsorgepolitik Bielefelds, in welche die Deponieplanung im Zusammenhang mit der Modernisierung der Müllverbrennungsanlage hineingehört, vgl. Herbold et al. (2002: 271).



cherheitsstandards, Kontrollierbarkeit, Reparierbarkeit und Flexibilität angesichts wechselnder Bedarfsanforderungen genügen. Einer der Planungsverantwortlichen äußerte in einem Interview stolz: »Der Störfall hier ist anderswo der Normalfall« (zitiert nach Herbold et al. 1992: 197). Damit ist die technische Überlegenheit angesprochen, nach der selbst ein Fehlverhalten, das auch in dieser Deponie nicht ausgeschlossen werden kann, nicht die andernorts akzeptierten Schadensgrößen übersteigt.

Je technisch moderner eine Deponie geplant wird, desto stärker kann die Planung in die Kritik geraten, ein unerprobtes Feld der Technologieentwicklung zu sein. Zwar versichern die technischen Experten, dass zum Beispiel die schützende Dachkonstruktion trotz ihres architektonisch innovativen und statisch anspruchsvollen Charakters technisch sicher sei. Aber der Konflikt zwischen planenden Akteuren aus Wissenschaft, Technik, Verwaltung und Politik und kritischen Akteuren der Öffentlichkeit, Medien, Verbände und betroffenen Interessengruppen war wegen der Komplexität der Konstruktion und des Einspruchs der Gegenexperten vorprogrammiert. Es ist ein Dilemma von Realexperimenten, entweder den Vorwurf auf sich zu ziehen, unerprobte und riskante Technologien einzusetzen, oder den hervorzurufen, nicht die neuesten technischen Möglichkeiten auszunutzen. In Bielefeld ist versucht worden, die Differenzen durch »Runde Tische«, einen Ideenwettbewerb, Sichtung aller Alternativen zur Standortwahl der Deponie, Aushandlung von technischen und organisatorischen Einzelheiten und schließlich einer Art Bürgervertrag zur Betreibung der Müllverbrennungsanlage beizulegen, bis endlich die gesamte Planung zusammenbrach. Die in wenigen Jahren deutlich veränderten Randbedingungen der Vorsorgepolitik, die bereits mit dem Eintritt in das Paradigma der 1990er Jahre zu tun haben (Aufbau des Dualen Systems), sowie ein zwischenzeitlicher politischer Machtwechsel in Bielefeld haben dazu geführt, dass dieses Vorhaben schon bald als Beispiel »gigantomantischer« Fehlplanung angeführt wurde.

Schenkel warf bereits 1986 die Frage auf »Entwickelt sich die Deponie zur Pyramide des Konsumzeitalters?« (Schenkel 1986) und plädierte ironisch dafür, Deponieplanungen vom Typus der Bielefeld-Herforder Deponie in der Form weit sichtbarer Hochbauten anzulegen. Die Pyramide »setzt den Müll als Monument. Das könnte für spätere Generationen von Bedeutung sein« (Grassmuck/Unverzagt 1991: 154). Damit wird ein zweites Dilemma aufgeworfen. Die Sicherheit von heute geht mit der Unsicherheit von morgen einher.

Die Entwicklung dieses Paradigmas ist zwar begleitet von technischen Überraschungen, aber diese waren überwiegend lösbar und Deutschland hätte mit »sicheren« Deponien überzogen werden können. Es waren daher in diesem Fall eher neue Wertvorstellungen, die zur Formulierung einer

neuen Politik Anlass gaben. Diese Wertvorstellungen bezogen sich nicht auf die Sicherheit der Entsorgungstechnologie, sondern auf die fehlenden Möglichkeiten der Wiederverwertung und Vermeidung. Die meisten Deponien, die unter der Vorherrschaft des Hochtechnologie-Paradigmas errichtet wurden, müssen mit dem Inkrafttreten der »Technischen Anleitung Siedlungsabfall« (TASi) im Jahre 2005 geschlossen werden (siehe Kap. 7.5, S. 197). Am Ende der Darstellung des Hochtechnologie-Paradigmas muss noch dem Eindruck entgegen getreten werden, dass es zu einer in sich selbst verlässlichen Technologie geführt hätte. Dies mag auf die Planungskonzeption der Bielefeld-Herforder Deponie zugetroffen haben, nicht jedoch auf die realisierten Anlagen. Nicht nur in der Betriebsphase der Deponien, sondern auch während der Stilllegung und Nachsorgephase stehen die Verfahren des Monitoring weder rechtlich noch technisch fest. In einem Sonderforschungsbereich der Technischen Universität Braunschweig zielt ein Projektbereich darauf,

»die physikalischen Zusammenhänge in Deponien besser zu verstehen, die erzielten Erkenntnisse mit Messungen an Deponien zu untermauern. [...] Dabei müssen z.T. neue Messsysteme entwickelt sowie die räumlichen und zeitlichen Messintervalle ermittelt werden. Zur Ermittlung der physikalischen Grundlagen werden [...] Laborversuche eingesetzt. Um das Monitoring auf den Deponien zu steuern, werden hauptsächlich In-Situ-Messungen durchgeführt. Eine Kombination der Laborversuche mit den In-Situ-Messungen lässt später eine Prognose des Deponieverhaltens und damit eine Beurteilung von Monitoringsystemen möglich werden« (Ziehmann et al. 2003: 156f.).

Der Untertitel des Artikels (»Was? Wozu? Wo? Wie oft? Wie lange?«) indiziert die offenen Fragen – nun nicht mehr des Baus, sondern der Stilllegung. Das Zitat legt offen, dass aus der gegenwärtigen Forschung heraus überhaupt erst Aussagen über das zukünftige Verhalten möglich werden. Die in situ-Messungen dienen also nicht der realexperimentellen Überprüfung von Prognosen, sondern dazu, entsprechende Modellierungen zu gewinnen.

## 7.4 Organisationale Aspekte der Realexperimente mit Entsorgungsnetzwerken

In den Phasen 4 und 5 (1980-2000) wurden in Deutschland Schritte zur grundlegenden Umgestaltung der Abfallwirtschaft unternommen. Die für beide Phasen gemeinsame Grundlage war das neue Leitbild der Wiederverwertung oder des Recycling, das in seiner idealen Form eine völlige Ab-

kehr vom Entsorgungsnotstand versprach. In der Phase 5 kommt als zusätzliches Leitbild das der Vermeidung hinzu, dem zufolge die Entstehung von (noch nicht wieder verwertbarem) Müll bereits beim Produzenten reduziert werden soll.

Im Rahmen unseres Interpretationsschemas ist diese Umgestaltung auf die Überraschung zurückzuführen, dass die Bevölkerung auf die technologischen Initiativen zur umwelt- und gesundheitspolitisch sicheren Verbrennung und Deponierung von Müll überwiegend mit massiver Ablehnung reagiert hat. Für die Bewältigung dieser Überraschung standen im bestehenden Paradigma auch keine akkommodativen Reserven mehr bereit, da die Kompromissbereitschaft der Bevölkerung fehlte. Jedoch muss eingeschränkt werden, dass die Reaktionen der Öffentlichkeit nicht wirklich überraschend waren, nachdem Fehlversagen, neue Besorgnisse über Dioxinbelastungen und Skandale den Argumenten der Gegenexpertise und den Protesten von betroffenen Anwohnern Munition geliefert hatten. Ob überraschender oder erwartbarer Widerstand – er veranlasste, ein neues Paradigma zu entwerfen, das nun einen wichtigen sozialen Faktor positiv auszunutzen wusste: die Bereitschaft zur Müllsortierung. Wiederverwertung war nach dem Stand damaliger Sortiertechnologien nur machbar, wenn sie an eine Vorsortierung gebunden war, bei der die wichtigsten Fraktionen wiederverwertbaren Mülls in den Haushalten und Sammelstellen getrennt erfasst wurden. Meinungsumfragen und Pilotprojekte ergaben, dass in der Bevölkerung eine breite Bereitschaft vorhanden war, an Systemen der getrennten Entsorgung sowohl im Bringverfahren (Sammelpunkte für Glas, Metalle, Papier) wie auch im Holverfahren (Grüne, Gelbe, Blaue, Braune und Graue Tonnen) mitzuwirken. Aber wie stabil und verlässlich sind die Einstellungen und Handlungsmuster über einen längeren Planungszeitraum hinweg? Da der Marktpreis der Sekundärrohstoffe mindestens in der Anfangsphase sehr stark von Verunreinigungen durch »Fehlwürfe« beeinträchtigt wurde, kam hier ein neuer sozialer Unsicherheitsfaktor ins Spiel, den die bisherigen Entsorgungssysteme nicht kannten. Zwar war in den 1980er Jahren der »ökologische Lebensstil« eine prägende Erscheinung, aber dessen tatsächliche Verbreitung und Verteilung auf Bevölkerungsschichten und Wohnviertel waren weitgehend unbekannt. So standen den lauten Forderungen nach Einrichtung von Recyclingsystemen planerische Unsicherheiten entgegen, auf die Kommunen und Landkreise sich nur zögerlich einlassen konnten.

Immerhin wuchs die Hoffnung auf Seiten der Planer, auf dieser Grundlage Auswege aus den Akzeptanzproblemen zu finden, in die die Verbrennung und Deponierung geführt hatten, und die allein mit verbesserter Technik nicht zu lösen waren. Schenkel (1985) entwarf ein alternatives Szenario, bei dem Faktoren wie beispielsweise die Beteiligung der

Haushalte an der Sortierung, Aufbau von Recycling-Einrichtungen, Gebührenordnungen und politische Unterstützung für abfallarme und wiederverwendbare Produkte ineinander greifen, die allmählich auch quantitativ ins Gewicht fallen. Jedoch war den kommunalen Planern durchaus bewusst, dass die Umstellung auf ein solches System erhebliche Risiken enthielt, die nicht in erster Linie auf technische Unsicherheiten, sondern auf der korrekten Einschätzung des Verhaltens der beteiligten Bevölkerung beruhten. Wir möchten dies an einem kleinen Fallbeispiel illustrieren, das deutlich die Züge eines sozio-technischen Realexperiments trägt. Grundlage bietet eine Dokumentation von Ariane Bischoff und Heinrich Wilke (1997). In der Stadt Monheim am Niederrhein war es über die Jahre zu einer Verschlechterung des Entsorgungssystems gekommen, die in eine Negativspirale ständig zunehmender Probleme hineinführte. Es handelte sich um einen Stadtteil in verdichteter viergeschossiger Fertigtbauweise für ca. 10.000 Einwohner. Die Diagnose:

»Nicht nur die Mieter sind mit dem neuen System [...] überfordert, sondern auch die vorhandenen baulich-räumlichen Strukturen erschweren eine Umsetzung. Dies führt im Ergebnis dazu, daß der Vorteil einer niedrigen Grundmiete durch überdurchschnittlich hohe Betriebskosten aufgezehrt wird. Der Eindruck eines ›vermüllten‹ Wohnfeldes trägt zudem zum Attraktivitätsverlust des Wohnungsbestandes bei. Dabei ist zu berücksichtigen, daß bei einem schärferen Wettbewerb unter den Wohnungsanbietern die Mieter diese Kriterien bei ihrer Wohnungswahl einbeziehen, so daß aus Sicht der Wohnungsgesellschaft und der Kommune hier dringender Handlungsbedarf besteht. Geringe Wertstoffsammelquoten, hohe Verunreinigungen, die das Recycling erschweren, und ein erhöhter Aufwand bei der Abfall- und Wertstoffabfuhr zeigen beispielhaft die Probleme aus Sicht des Entsorgungsbetriebes auf« (Bischoff/Wilke 1997: 466).

In einem ersten Schritt wurde ein Institut beauftragt, das Entsorgungsverhalten der Anwohner zu beobachten. Die anfänglich unmerkliche Lockerung in der Beachtung der vorgeschriebenen Standards steigerte sich durch die Verringerung der wechselseitigen sozialen Kontrolle und führte zu überfüllten Containern, die dazu verleiteten, den Müll einfach abzustellen, was wiederum den Zugang für andere erschwerte und zugleich dazu einlud, Sperrmüll und Sondermüll auch an den Containern zu entsorgen. Zuvor wurden Mitarbeiter einer Reinigungsfirma beauftragt, Kosten gegenüber dem Entsorgerbetrieb einzusparen, indem sie den Müll in den Tonnen mit den Füßen einstampften und auf diese Weise verdichteten. Dies wurde von dem zuständigen Entsorgungsbetrieb nicht akzeptiert, weil neben dem ungerechtfertigten Preisvorteil auch die Entleerung nicht reibungslos funk-

tionierte. Das Forschungsteam kam zu dem Schluss, dass folgende Variablen für die Entwicklung eines neuen Ansatzes von Bedeutung sind:

»Neuordnung der Containerstandorte, betreute Vor-Ort-Kompostierung, Öffentlichkeitsarbeit und Beratung, Behältervolumina und Abfuhr, Wertstoff-Depot, Umgang mit Sperrmüll, Arbeitsmarktprojekte, Wertstoffeffassung und Einsparpotentiale und gerechte Gebührenumlegung« (ebd.: 469).

Zu all diesen Variablen mussten situationsgerechte Passgrößen gefunden werden. Die Berater nutzten dazu insbesondere eine Schleife unseres Gestaltungszyklus (vgl. Kap. 1) aus, die die Aushandlung von Interessen bei der Akkommodation des Systems vorsieht:

»Durch eine intensive Rückkopplung mit den beteiligten Akteuren und durch die gemeinsame Diskussion von Zwischenergebnissen verdeutlichte sich sehr schnell, welche Ansätze unter den gegebenen Bedingungen tragfähig waren und auf Akzeptanz stießen« (ebd.: 468).

In diesen Prozess wurden nicht nur Anwohner, sondern auch die Kommune, Wohnungsbaugesellschaften und Entsorgungsbetriebe einbezogen. Weiterhin wurde für das große Problem der organischen Abfälle ein Beschäftigungsprojekt aufgebaut, das zugleich ein Qualifizierungsprojekt für Arbeitslose war. Bemerkenswert ist schließlich, dass durch Ausprobieren der einzelnen Komponenten und ihres Zusammenspiels in mehreren Durchläufen des rekursiven Lernens das Entsorgungskonzept optimiert wurde. Dies zog sich zwar über einige Jahre hin, war aber mit Qualitätssteigerungen im Wohnumfeld und mit Kostensenkungen verbunden, die diesen Aufwand rechtfertigten. Das Entsorgungskonzept, das in einer experimentellen Optimierungsstrategie gewonnen wurde, eröffnete eine Win-Win-Situation für Eigentümer, Verwaltungsfachleute, Müllbeseitigungs- und Reinigungsfirmen sowie für Anwohner und konnte sich, wie eine Nachfrage bei einem der Verfasser der Studie ergab, auf lange Sicht stabilisieren.

## 7.5 Der Abfall im Kreislauf

In der Phase des Recyclings wurde immer deutlicher, dass ohne eine entsprechende Verlagerung des Müllproblems von Verwertung in Richtung Vermeidung keine nennenswerte Reduktion der Müllmengen erreicht werden kann. Während im Rahmen des ersten Abfallgesetzes von 1972 das Ab-

fallproblem im Wesentlichen als technische Aufgabe der Entsorgung definiert wurde, die am Ende der Erzeugungskette von Müll ansetzte, sollte nun eine alternative Abfallwirtschaftskonzeption entwickelt werden, die in der Lage war, die Entstehung von Müll bereits bei der Herstellung von Produkten zu vermeiden (Jänicke et al. 2003).

In den 1990er Jahren wurde die Müllproblematik in das Paradigma einer materiell geschlossenen Kreislaufwirtschaft eingebettet. Wie im Folgenden gezeigt wird, geht dieses Paradigma auch mit einer neuartigen Netzwerkstruktur einher. Um das »end of pipe«-Prinzip zu durchbrechen und einer ökologischen, stoffstromorientierten Steuerung zum Durchbruch zu verhelfen, wurde eine Reihe von innovativen, gesetzgeberischen Zielvorgaben und politischen Instrumenten entwickelt. Der Einbau der Entsorgung in eine Kreislaufökonomie wird programmatisch bereits im Titel des 1994 verabschiedeten und 1996 in Kraft getretenen »Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz« (KrW-/AbfG) ankündigt. Um die Kreislaufwirtschaft zu initialisieren, führte der Gesetzgeber folgende Zielvorgaben für das Abfallrecht ein:

*Erstens* vollzieht das Kreislaufwirtschaftsgesetz – zumindest nach dem Willen des Gesetzgebers – den umweltpolitischen Paradigmenwechsel von der *Nach- zur Vorsorge*. Dieser Wandel geht einher mit einer Verschiebung der obersten Prioritäten von der Entsorgung/Deponierung über die Wiederverwertung hin zu *Müllvermeidung, -trennung und -verwertung*.

*Zweitens* möchte das Gesetz »Kreisläufe« im Wirtschaftssystem derart anleiten, dass Stoffe möglichst lange im Wirtschaftsgeschehen verbleiben, dass also der Zeitpunkt der Erlangung der Abfallqualität hinausgeschoben werden kann (Jänicke et al. 2003).

*Drittens* führte der Gesetzgeber zur Initialisierung der Kreislaufwirtschaft das Prinzip der Produktverantwortung ein und versuchte, eine neue Verantwortungsstruktur zu etablieren, der zufolge ein Teil der Entsorgungszuständigkeit von der öffentlichen Hand in die Privatwirtschaft verlagert wird (Schink 2000: 138). Wer Erzeugnisse entwickelt, herstellt, be- und verarbeitet oder vertreibt, trägt nach Maßgabe des Verursacherprinzips die Produktverantwortung:

»Zur Erfüllung der Produktverantwortung sind Erzeugnisse möglichst so zu gestalten, dass bei deren Herstellung und Gebrauch das Entstehen von Abfällen vermindert wird und die umweltverträgliche Verwertung und Beseitigung der nach deren Gebrauch entstandenen Abfälle sichergestellt ist« (KrW-/AbfG § 22).

Wenn die Kosten für die Entsorgung bei den Produzenten anfallen, so die Grundüberzeugung, entsteht ein Anreiz, Kosten durch Vermeidung oder Wiederverwertung zu sparen. Eine zweite Säule ist die im Gesetz vorge-

schriebene, allerdings erst 1999 wirksam gewordene Verpflichtung zur Aufstellung von betrieblichen Abfallwirtschaftskonzepten bei Erzeugern von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen. Diese sollen Auskunft über die betrieblichen Strategien geben, als internes Planungsinstrument dienen sowie auf Verlangen der zuständigen Behörde zur Auswertung für die Abfallwirtschaftsplanung vorgelegt werden (KrW-/AbfG § 19). Politische Instrumente zur Umsetzung der Zielsetzungen (Vermeidungsvorrang, intendierte Kreislaufwirtschaft und Produktverantwortung) sind die Rücknahmeverordnungen. 1991 gelang es der damaligen Bundesregierung, die »Verpackungsverordnung« (VerpackV) zu verabschieden. Diese wurde in der Folge durch weitere Rücknahmeverordnungen für Altautos und Elektronikschrott ergänzt. Mit einer weiteren gesetzlichen Maßgabe, der »Technischen Anleitung Siedlungsabfall« (TASi), die 1993 in Kraft trat, wird auch der verbleibende Hausmüll und sonstige Restmüll in dieses Konzept eingebunden. Die TASi schreibt vor, dass spätestens ab Jahresmitte 2005 auf Deponien nur noch Siedlungsabfälle abgelagert werden dürfen, die durch in der Regel wärmetechnische Vorbehandlung in Müllverbrennungsanlagen so weit vorbehandelt sind, dass ihr Glühverlust bei maximal 5 Prozent liegen würde. Dies ist zwar kein Beitrag zur Müllvermeidung, versteht sich aber insofern als Element einer nachhaltigen Entsorgungspolitik, als der Zukunft keine biochemischen Problemfelder übergeben werden sollen. In der Literatur wird hinsichtlich der Umsetzung dieser Bestimmung von dem »magischen Jahr 2005« (Alwast et al. 2003: 16) geredet.

Beobachter haben angesichts der ambitionierten Zielvorgaben des Kreislaufwirtschaftsgesetzes die Frage aufgeworfen, ob und inwieweit es gelungen ist, diese Vorgaben (Vermeidungsvorrang, Einführung der Kreislaufwirtschaft und der Produktverantwortung) in geltendes Recht umzusetzen und einer ökologischen, stoffstromorientierten Steuerung im Abfallrecht zum Durchbruch verhelfen.

Aus juristischer und politikwissenschaftlicher Perspektive wird häufig darauf hingewiesen, dass die Zielhierarchie des Kreislaufwirtschaftsgesetzes besonders hinsichtlich des Vermeidungsvorrangs weitgehend im Symbolischen stecken geblieben ist (Jänicke et al. 2003; Schink 2000). Symbolische Politik dient dann, wenn eine Problemlösung nicht ernsthaft in Erwägung gezogen wird oder an zu geringen Planungsressourcen scheitert, zur Demonstration politischer Scheinmaßnahmen. Damit wird die Bereitschaft signalisiert, sich mit den Problemen auseinander zu setzen, und die Fiktion der Handlungskompetenz aufrechterhalten (Hansjürgens/Lübbe-Wolff 2000).

Die umfangreiche Analyse von Timmermeister (1999) tendiert auf der Basis einer breiten Materialsichtung zum Politikprozess zu dieser Ansicht. Vor allem wird immer wieder das Defizit herausgestellt, dass keine durch-

setzbare gesetzliche Vermeidungspflicht angestrebt wurde und die Konkretisierung durch andere Regelungen ausblieb (Schink 2000: 109f.). Das für die Umsetzung des Vermeidungsvorrangs erforderliche Verordnungsrecht blieb bis heute höchst selektiv und führte nicht zu ausreichenden Vermeidungsanreizen. Weder die VerpackV aus dem Jahre 1991 noch die Änderungsfassung von 1998 enthalten rechtliche Regelungen zur Erreichung dieses Ziels. Ohne konkrete Verpflichtungen musste der Vollzug ausbleiben (ebd.: 103). Ähnliche Implementierungsdefizite werden auch für die als Innovation angeführte Produktverantwortung und die Verlagerung der Entsorgungsverantwortung geltend gemacht. Auch in diesen Fällen handle es sich lediglich um »Papiertiger«, da die Paradigmenwechsel nur auf dem Papier stattgefunden haben, jedoch unter der Oberfläche der veränderten Gesetzesrhetorik in der Sache sehr vieles beim alten geblieben ist (Schink 2000). Aus dieser Perspektive erweisen sich diese Implementierungsdefizite insbesondere wegen der Offenheit und entsprechenden interpretativen Flexibilität des rechtlichen Rahmens als problematisch, da sie für die konfligierenden politischen und wirtschaftlichen Akteure Schlupflöcher zur Reinterpretation ihrer Optionen und Strategien eröffnen und auf diese Weise die Intentionen des Gesetzgebers maßgeblich konterkarieren.

Was aus dieser Perspektive jedoch vernachlässigt wird, ist der Umstand, dass der Erlass und die Instrumentierung der Verpackungsverordnung eine steuerungspolitische Innovation darstellen und eine neuartige Governancestruktur ermöglichen. Diese verbindet eine ordnungsrechtliche Intervention, wie sie in der Bundesrepublik üblich ist, mit der Option einer selbst organisierten, privatwirtschaftlichen Alternative, wie sie hauptsächlich im angelsächsischen Bereich Anwendung findet. Für die Bundesrepublik kündigte das neue Steuerungsmodell einen Paradigmenwechsel an (Petersen/Rid 1996: 7-8).

Die entsprechende Netzwerkstruktur zeichnet sich durch zwei sich wechselseitig ergänzende Elemente aus: *Auf der einen Seite* wurde mit der Verpackungsverordnung der Aufbau eines von der Wirtschaft selbst organisierten Systems zur Sammlung und Wiederverwertung von Verpackungen intendiert. Dazu wurde das »Duale System Deutschland« gegründet, bekannt durch den »Grünen Punkt« und den »Gelben Sack«, das neben die öffentliche Restmüllentsorgung treten sollte. Das Duale System vollzieht nominell die mit der Produkthaftung anvisierte Verschiebung der Verantwortung: Zum ersten Mal wurde in der Geschichte der Bundesrepublik Müllentsorgung nicht mehr ausschließlich als eine Aufgabe von öffentlichem Interesse definiert und an staatliche Körperschaften delegiert, sondern zur Zielvorgabe eines privaten, zweiten Entsorgungssystems erklärt und an die Privatwirtschaft übertragen. Das Logo des »Grünen Punkts« kennzeichnet alle Verpackungen, die im Dualen System erfasst werden,



wobei die Produzenten bereits im Voraus die Gebühr zu entrichten haben. Heute umfasst das Duale System 19.000 produzierende Lizenznehmer, verarbeitet 4,9 Millionen Tonnen Verkaufsverpackungen und setzt 1,7 Milliarden Euro um. Ein Kommentar zum Dualen System von Georg Goosmann vom Bundesumweltamt lautete: »Das Duale System ist ein gigantisches Experiment, um zu demonstrieren, dass Recycling flächendeckend funktioniert.«<sup>82</sup> Die entsprechenden Verordnungen sollten die Industrie dazu veranlassen, bestimmte Klassen von Produkten, in erster Linie Verpackungsmaterialien, zurückzunehmen. Durch die Errichtung eines privatwirtschaftlichen Sammel- und Verwertungssystems, dem die Produkthaftung im Verpackungssektor übertragen wird, sollte die Selbstregulierung der Wirtschaft stimuliert werden.

*Auf der anderen Seite* wurde für den Fall unzureichender Verwertungs-bemühungen auf Seiten der Wirtschaft durch die VerpackV die Möglichkeit einer staatlichen Intervention vorgesehen. Beispielsweise hätte die Rücknahme im Laden die Einzelhandelsketten mit den Verwertungskosten der Verpackungsmaterialien belastet. Um dies zu verhindern, unterstützte der Einzelhandel den Aufbau eines privatwirtschaftlichen Verwertungssystems.

In unserem Zusammenhang ist vor allem von Bedeutung, dass der Gesetzgeber mit diesen rechtlichen Regelungen ein deutschlandweites Realexperiment initialisierte: Erstens setzte die Konzeption der Kreislaufwirtschaft die Mitarbeit von Abfallproduzenten in Industrie und Haushalten voraus. Während bis zu diesem Zeitpunkt weder die Produktionstechniken noch die Konsumstile, die ursächlich zum ständigen Anwachsen der Müllmengen führten, auf dem Prüfstand waren, wurden nun auch ökonomische Anreize und soziale Einstellungsmuster Gegenstand von politischer Regulierung (vgl. Brand et al. 2002). Zweitens wurde das innovative Instrument der politischen Kontextsteuerung eingeführt (vgl. Willke 1989). In diesem Sinne stellt die Verpackungsverordnung eine Strategie der Kontextsteuerung dar, die über die Beeinflussung von Rahmenbedingungen wirtschaftlichen Handelns eine Internalisierung der Folgekosten von Verpackungsherstellung und -gebrauch in die Kostenrechnung ökonomischer Akteure erzwingen sollte. Gerade weil sie eine innerökonomische Lösung des Entsorgungsproblems vorsah und die Möglichkeit einer privatwirtschaftlichen Selbstorganisation eröffnete, war die VerpackV durchsetzungsfähig. Umweltpolitik generell zielte in dieser Ära darauf ab, verlässliche rechtliche Rahmenbedingungen zu schaffen. In Pilotprojekten wurde deutlich, dass das Umweltbewusstsein in Umweltverhalten überführt werden kann, wenn

**82** | Zitiert nach einem anonym verfassten Essay unter dem Titel »Grüner Punkt für grünes Gewissen«, der in der »Online Umweltfibel« zu finden ist (<http://www.umweltfibel.de>).

umsetzbare Angebote geschaffen und auch die entsprechenden regulativen und ökonomischen Randbedingungen für umweltgerechtes Verhalten eingerichtet werden.

Im Unterschied zu der klassisch juristischen und politikwissenschaftlichen Perspektive werden hier Offenheit und Flexibilität des Rechtes als ein wesentliches Merkmal im Zuge seiner Prozedualisierung betrachtet. Unter dem Aspekt der experimentellen Politik interessiert daher vor allem die Frage, welche Möglichkeiten zur Fortentwicklung des rechtlichen Rahmens und Neujustierung seiner Regelungen gegenüber auftretenden Überraschungen bestanden und wieweit sie zu einer akkommodativen Optimierung des Dualen Systems im Sinne des paradigmatischen Kerngedankens genutzt wurden.

Im Falle des Kreislaufwirtschaftsgesetzes ist es gelungen, in der Startphase eine wirkungsvolle Strategie der Kontextsteuerung zu implementieren, die den Aufbau des Dualen Systems ermöglicht hat. Das Duale System Deutschland (DSD) wurde dann im weiteren Verlauf mit notorischen Durchsetzungsproblemen konfrontiert. Als das DSD in Folge von Finanzierungslücken bereits 1993 an den Rand des Zusammenbruchs geriet, zeichnete sich ein weitreichender Wandel in den Verwertungszielen ab (vgl. Brand et al. 2002): von werkstofflicher zu rohstofflicher Verwertung. Der steuerungspolitische Impetus der VerpackV bestand jedoch darin, die gesammelten Stoffe, einschließlich der Kunststoffe, werkstofflich zu verwerten, d.h., die wiederaufbereiteten Plastikfraktionen zur Substitution von Neumaterial einzusetzen.<sup>83</sup> Bereits 1992 war offensichtlich geworden, dass die Verwertung von Kunststoffverpackungen nicht gelang. Funde von DSD-Material in Frankreich, Asien und Osteuropa führten zu einer kritischen Berichterstattung in den Medien. Die Entsorgungswirtschaft und die neu gegründete DKR (Gesellschaft für Recycling mbH), die das Duale System ab diesem Zeitpunkt dominierten, optierten dafür, die zu bewältigenden Probleme der Verwertung großer Mengen vermischter Kunststoffabfälle durch verstärktes rohstoffliches Recycling zu lösen. Hierdurch wird zwar ein bestimmter Rohstoff effektiv durch einen Sekundärrohstoff ersetzt, aber das ›downgrading‹ der werkstofflichen Qualität dieses Sekundärrohstoffs nicht aufgehalten. Diese Schließung zugunsten der rohstofflichen Verwertung wurde durch den Umstand begünstigt, dass auch der Bundesumweltminister diese Form als Verwertung im Sinne der Verpackungsordnung anerkannte. Das Beispiel zeigt, dass und auf welche Weise die privat-

**83 |** Die rohstoffliche Verwertung wies Vorteile auf, gerade weil sie die ansonsten nicht-recyclingfähigen, verschmutzten Kunststoffmischfraktionen verarbeiten konnte. Durch Hydrierverfahren sollten die Kunststoffe in ihre Ausgangsprodukte aufgespalten und als Öle, Gase etc. zurückgewonnen werden.

wirtschaftlichen Regulierungsadressaten ihre Verhandlungsmacht nutzen und damit den steuerungspolitischen Impetus der VerpackV konterkarieren können. In diesem Fall war das ausschlaggebende Motiv zur Kooperation – auch durch das Einlenken des Bundesumweltministers – nach Auffassung aller Beteiligten, dass das Scheitern des DSD und der damit verbundene Legitimations- und Vertrauensverlust in die Handlungsfähigkeit der Politik und der Folgebereitschaft der Wirtschaft für beiden Seiten nicht akzeptabel war (Herbold et al. 2002).

Als Alternative wären zu diesem Zeitpunkt flankierende Maßnahmen möglich gewesen, die solche Anreize der VerpackV, die auf Kosteninternalisierung zielen, durch material- und verwertungsspezifische Anreize ergänzt hätten, wie beispielsweise Kennzeichnungspflichten oder Abfallabgaben als Anreizsteuerung zugunsten der Verwertung. Diese Möglichkeiten zur Neujustierung des Dualen Systems hätten zwar den ursprünglichen Intentionen der VerpackV entsprochen. Sie sind jedoch der parteipolitischen Konkurrenz und korporatistischer Verhandlungslogik zum Opfer gefallen. Dadurch, dass beide Seiten (Wirtschaft und Politik) nun auf die minderwertige rohstoffliche Verwertung als Lösung für alle Kunststoffe setzten, scheiterte auch der Versuch weitgehend, mit der Verwertung über das DSD ein Modell für die Kreislaufwirtschaft zu etablieren.

Ein weiteres Indiz dafür, dass und auf welche Weise sich wirtschaftliche Akteure die vagen Zielvorgaben des Kreislaufwirtschaftsgesetzes zu nutze machen können, um die steuerungspolitischen Intentionen der VerpackV von wirtschaftlichen Akteuren zu unterlaufen, stellt die energetische Verwertung dar, die sich relativ früh durchsetzte – allerdings weniger, weil diese Option dem Ziel der Wiederverwertung entsprach, sondern weil sie den beteiligten Industriebranchen erhebliche Kostenvorteile versprach. Problematisch erweist sich hier die durch das Kreislaufwirtschaftsgesetz vorgegebene, jedoch höchst umstrittene und in der Praxis fragwürdig gehandhabte Trennung zwischen der Verwertung und der Beseitigung von Müll. Das Gesetz versucht klarzustellen, dass die Unterscheidung nach dem »Hauptzweck« der Maßnahme zu erfolgen hat, macht aber interpretationsoffene Angaben darüber, wie »Art und Ausmaß der Verunreinigungen« den Hauptzweck erkennen lassen (KrW-/AbfG § 3, Abs. 4). In der Praxis eröffnete dies in Verbindung mit geringfügigen Verwertungsmaßnahmen dann die Möglichkeit, die große Masse an unsortierten Kunststoffen den Zementwerken und Braunkohle-Energieerzeugern als Energieträger zuzuführen. Das Land Nordrhein-Westfalen hat gegen dieses Unterlaufen der ökologischen Zielsetzungen durch die mit der Liberalisierung und Privatisierung verbundene Suche nach kostengünstigen Schlupflöchern Bestimmungen erlassen, was zu einer Klage vor dem Europäischen Gerichtshof führte. Kern der 2003 erfolgten Entscheidung war eine Option zuguns-

ten eines europaweiten Wirtschaftswettbewerbs, in dem jede für den Zweck der Energieerzeugung angebotene Ware als Wirtschaftsgut anzusehen ist. Diese weite Auslegung der thermisch-energetischen Verwertung in so genannten industriellen Mit-Verbrennungsanlagen ist nach Ansicht einiger Experten mit dem Kreislaufwirtschaftsgesetz nicht vereinbar (Paschlau/Rindtorff 2003: 175).

Ein anders gelagerter Fall findet sich in den Mehrwegquoten bei Flüssigkeitsverpackungen. Hier war die Erwartung des Gesetzgebers, dass die gesetzliche Einführung von Lizenzgebühren Müllvermeidung durch Mehrwegnutzung in Gestalt von Pfandflaschensystemen begünstigen würde. Dieser Effekt trat nicht ein. Zu keiner Zeit stieg der Anteil der Mehrwegverpackungen. 1997 rutschte er unter die vom Gesetzgeber vorgegebene 72 Prozent-Quote für Bier und Mineralwasser und kohlensäurehaltige Erfrischungsgetränke und 1998 noch weiter auf 70,13 Prozent. Nacherhebungen in den folgenden Jahren bestätigten den Trend und wurden im Juli 2002 bekannt gegeben. Da für den Fall unzureichender Bemühungen auf Seiten der Wirtschaft die Interventionsdrohung der VerpackV greift, kann der Staat die Pfandpflicht für Einwegverpackungen einführen. Von dieser Möglichkeit machte der Gesetzgeber – trotz heftiger Gegenwehr der Industrie – Gebrauch, und verabschiedete die Pfandpflicht in den genannten Getränkebereichen. Seit dem 1. Januar 2003 wird damit auf einen erheblichen Teil der Getränkeeinwegverpackungen eine Pfandgebühr erhoben.

Es kann dahingestellt bleiben, für welche Beobachter diese Entwicklung überraschend war. Skeptiker hatten diese Wendung befürchtet, weil die Lizenzgebühren durch den bereits im Voraus bezahlten Grünen Punkt völlig unauffällig auf den Endverbraucher abgewälzt werden konnten. Andere Szenarien sagten voraus, dass in der umweltpolitisch entkoppelten, rein wirtschaftlichen Konkurrenz zwischen Mehrweg und Einweg keine Kostenvorteile für große flächendeckende Anbieter bestünden.

Dennoch wurde um die Jahreswende 2004/2005 der Trend zur Einwegverpackung gestoppt. Dieses Beispiel zeigt, dass und auf welche Weise von den Erwartungen und ursprünglichen Intentionen des Gesetzgebers abweichende Effekte im Rahmen der Governancestruktur aufgefangen werden können und dass das Duale System an sich verändernde Rahmenbedingungen angepasst und neu justiert werden kann. Ein wesentlicher Aspekt der Kontextsteuerungsstrategie ist dabei, dass der Staat bei der Entwicklung konkreter Programme und Umsetzungsstrategien auf die Kooperation seiner Adressaten zurückgreifen kann. In der Anfangsphase zeigte sich, dass das System nur dann sowohl politisch effektiv (im Sinne der Umsetzung von Gesetzen und Verordnungen) und ökonomisch effizient ist, wenn beide Seiten kooperieren und ein vitales Interesse an der Aufrechterhaltung des Systems verfolgen. Die Verhinderungsstrategie des Einzelhan-

dels verbunden mit der Hoffnung, die Einführung des Pfands auch durch Einschaltung des Europäischen Gerichtshofs zu unterbinden, führte zu Lösungen mit unerfreulichen Effekten für die Verbraucher.

Ein weiterer Kritikpunkt ist der potentielle Widerspruch zwischen der politisch intendierten Integration der Entsorgung in die wirtschaftliche Selbstregulierung (bei vorgegebenen Umweltstandards) und der wirtschaftlichen Monopolstellung des DSD. Haupteinwand der Kritiker ist die geringe Kosteneffizienz des Dualen Systems. Zudem ist die Lizenzvergabe an die Teilnehmer nicht wettbewerbsoffen, wobei auch diese Kritik die europäische Rechtslage berührte. Da es unwahrscheinlich erschien, allein unter dem Gesichtspunkt der nachhaltigen Vorsorge auch gegenüber europäischen Wettbewerbern das Monopol verteidigen zu können, wurde das DSD von politischer Seite gedrängt, seine Rechtsstellung zu ändern. Das ›Selbsthilfesystem‹, das infolge der Kontextsteuerung der Verpackungsverordnung aufgebaut wurde, wurde 2004 aufgegeben zugunsten einer nun gewinnorientierten Aktiengesellschaft mit der Absicht eines Börsengangs und dem Ziel, neue Geschäftsfelder zu erschließen. Seitdem drängen konkurrierende Entsorgungsunternehmen auf den Markt. Damit wurde die Öffnung des Abfallrechts gegenüber dem Wettbewerbsrecht nach einer mehr als zehnjährigen Praxis erzwungen.

Der negativen Bewertung, die vor allem auf der Beobachtung von Schlupflöchern beruht, stehen positive Beurteilungen gegenüber, die stärker die Umsteuerungseffekte bei den Müllmengen beobachten. So kam eine »Prognos«-Studie – freilich von der rot-grünen Bundesregierung in Auftrag gegeben – zu dem Ergebnis, dass der Beitrag des Dualen Systems zur Politik der nachhaltigen Entwicklung erheblich beigetragen habe (Kutzschbach/Heiser 2003). Die von juristischer Seite hervorgehobenen Grenzfälle im Hinblick auf den Vermeidungsvorrang (Schink 2000) sind quantitativ unerheblich bei der Betrachtung der Stoffströme insgesamt. Dies betrifft vor allem die sehr hohe Steigerungsrate der Wiederverwertung bei den Fraktionen Glas, Papier, Kunststoff, Weißblech und Aluminium, bei denen die Vorgaben der Verpackungsverordnung zum Teil um über 50 Prozent übertroffen wurden. Die Verwertungsquoten liegen mit Ausnahme von Verbundstoffen inzwischen bei über 90 Prozent bis 167 Prozent.<sup>84</sup> Im Sinne der rekursiven Lerndynamik kam das Gutachten zu dem Ergebnis, dass der beste Weg einer akkommodativen Optimierung weitere Investitionen in die Automatisierung der Sortierungs- und Veredelungstechnik in

**84** | Diese Werte kommen rechnerisch zustande, weil bei Papier und Weißblech die Entsorgung von Trittbrettfahrerprodukten eingeschlossen ist: Die Produzenten zahlen keine Lizenzgebühren, die Konsumenten entsorgen jedoch über den Gelben Sack.

Verbindung mit einer Ausweitung der erfassten Wertstoffe wäre (Kutzschbach/Heiser 2003).

Es ist offenbar schwierig, das bundesrepublikanische Experiment des Aufbaus einer auf Vermeidung und Wiederverwertung gerichteten Abfallwirtschaft einer Gesamtbetrachtung und damit einer abschließenden Bewertung zu unterziehen. Vor allem liegt dies daran, dass eine solche Beobachtung weder systematisch aufgebaut noch institutionell verankert wurde, sondern aus Partialbeobachtungen zusammengesetzt werden muss. Eine Zusammenfassung der hier erörterten Aspekte soll dennoch versucht werden:

Das übergeordnete umweltpolitische Ziel einer Verringerung der Entsorgungsmengen am Ort ihrer Produktion konnte nicht erreicht werden. Jedoch wurde eine hohe Wiederverwertungsquote erzielt. Anreize zum Aufbau von Sortier- und Aufbereitungstechnologien wurden sehr erfolgreich genutzt und haben einmal mehr unter Beweis gestellt, dass gesetzgeberische Vorgaben im Umweltbereich zu einer günstigen internationalen Positionierung in neuen Marktsegmenten beitragen können (Jänicke et al. 2003). Das Ziel einer Verringerung des Deponiebedarfs konnte erreicht werden, wenn auch vorübergehend durch die Umsetzung der »Technischen Anleitung Siedlungsabfall« (TASi) erhebliche Knappheiten zu bewältigen sind (Alwast et al. 2003). Die unstimmigen Verschiebungen von Müll zwischen energetischer Wiederverwertung und Entsorgung sind letztendlich zugunsten einer weitgefassten kommerziellen Verbrennung entschieden worden. Ist damit das politisch-wissenschaftliche Konzept der Einrichtung oder mindestens des Vorrangs einer Kreislaufwirtschaft eingelöst worden? Diese Frage führt in den letzten Teil unserer Analyse. Die Diskussionen in den 1990er Jahren haben im Zusammenhang mit den Beobachtungen der Wirkungsweise des neuen Paradigmas auch dessen theoretische Begründung nicht unberührt gelassen.

## 7.6 Neue Wissensproduktion und die Zukunft des Mülls

Bereits in den 1990er Jahren wurden Kritiken laut, die an der wissenschaftlichen Grundlegung und technologischen Umsetzbarkeit der Kreislaufwirtschaft grundsätzliche Zweifel anmeldeten. Von wissenschaftlicher Seite wurde in Frage gestellt, ob die Prioritätensetzung – »Vermeidung vor Wiederverwertung vor thermischer Entsorgung« – ökologisch überhaupt adäquat ist. Das neue Paradigma soll auf zwei Säulen errichtet werden: Zum einen wird die effektive Verringerung der Material- und Energieinputs angestrebt; wie wir gesehen haben ist dies die Schwachstelle des gegenwärtigen Systems. Zum anderen wird der konsequente Rückgriff auf die Ökobi-

lanzierung beim Stoffstrommanagement gefordert. Ein Kritiker schrieb bereits 1997:

»Kreislaufwirtschaft« kann es im wörtlichen Sinne nicht geben, da einem geschlossenen Kreislauf von Stoffen und Gütern naturwissenschaftliche und technische Grundsätze entgegenstehen. Eine Entwicklung zu weniger Stoff- und Materialverbrauch ist aber sinnvoll und notwendig auf dem Weg zu einer nachhaltigen Wirtschaft. [...] Die Verpackungsverordnung und die als Folge eingeführte »Gelbe Tonne« für Leichtverpackungen orientieren sich nicht an einem ganzheitlichen Management von Stoffströmen« (Friege 1997: 4).

Der Autor, damals Mitglied der Enquete-Kommission zum »Schutz des Menschen und der Umwelt«, widersprach dem bestehenden Leitbild von Wissenschaft und Politik mit verschiedenen Argumenten. Am wichtigsten ist der Punkt, dass die Wiederaufbereitung von Materialien sich überhaupt nicht an den Grundlagen der erneuerbaren und nicht erneuerbaren natürlichen Ressourcen und am Ziel der Energieeinsparung orientiert, sondern an dem Prinzip des Kreislaufs um (fast) jeden ökologischen und ökonomischen Preis. Als Alternative bietet Friege Grundsätze an, mit denen nach Ansicht der Enquete-Kommission das Stoffstrom-Management für die Ökonomie verbindlich zu machen wäre. Sie umfassen erstens die Erhaltung der Regenerationsrate erneuerbarer Ressourcen, zweitens die Bewahrung der natürlichen Aufnahme- und Abbaupotentiale für Stoffe und drittens Druck auf ökologisch orientierte Produktinnovationen mit Blick auf Verringerung nicht erneuerbaren Ressourcenverbrauchs. Von diesen Grundsätzen hin zu einer neuen abfallwirtschaftlichen Governance ist es sicherlich ein weiter Weg. Für den Autor steht bereits fest:

»Auf dem Weg zu einer nachhaltig zukunftsverträglichen Wirtschaftsweise, in der Stoff- bzw. Produktkreisläufe eine Rolle spielen sollen, wird man sich von der Philosophie und dem rechtlichen Rahmen der Abfallwirtschaft mittelfristig verabschieden müssen: Das Leitbild der Kreislaufwirtschaft kann [...] allenfalls ein Bestandteil einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung im Sinne der Agenda 21 sein« (Friege 2003: 13).

Ähnliche Einwände gegen die Überhöhung des Kreislaufprinzips wurden immer wieder geäußert. Das Papierrecycling etwa führt nach Meinung einiger Experten dazu, dass das im Überfluss vorhandene Schwachholz europäischer Wälder nicht mehr am Markt unterzubringen ist. Ökologisch sinnvoller wäre möglicherweise, die Holzwirtschaft zu stärken und Altpapier energetisch zu nutzen. Eine weitere Komponente der Wiederaufbereitungsvision, die Sammlung von Biomüll in speziellen Containern, geriet in

die Kritik, da der Verdacht aufkam, dass sie Gesundheitsprobleme wie allergische Reaktionen verursacht. Nachdem der Allergieforscher und Umweltmediziner Martin Schata Feldforschungsprojekte in unterschiedlichen städtischen Gegenden durchgeführt hat, kommt er zu dem Schluss:

»Die Biotonne ist eine medizinische Katastrophe. [...] In der Stadt ist die Kompostsammlung quasi undurchführbar. [...] Wenn die Tonne geöffnet wird, entsteht ein Unterdruck, der die Sporen herausaugt. [...] Ein tiefer Atemzug, und Sie haben Ihre Jahresration weg« (Schata 2000: 222).

Die Kritik an der Biotonne reiht sich ein in eine zunehmende Kritik an der gesamten Getrenntsammlung. Sie ist durch die enormen Erfolge der mit dem Dualen System entwickelten Sortier-, Aufbereitungs-, und Verwertungsanlagen weitgehend überflüssig geworden. Die Haushalte könnten weitgehend von dem immer komplizierter werdenden Aufwand befreit werden (freilich ihr ökologisches Gewissen dann auch nicht mehr durch das Sortieren von Müllfraktionen abgelenkt), der trotz aller Schulung gerade in städtischen Gebieten niemals zur Sortenreinheit geführt hat. Die technisch gewährleistete hohe Sortierleistung würde neben der Bequemlichkeit auch ökologisch-logistische Vorteile mit sich bringen, da die Mehrfachtransporte entfallen. Die durch das zitierte Urteil des Europäischen Gerichtshofs anerkannte energetisch-thermische Nutzung ist eine weitere Unterstützung des vorgezeichneten Trends. »Das ›Ein-Tonnen-System‹ kommt. [...] Technik und Liberalisierungsgrad werden dies bewirken« (Paschla 2003: 464). Der Staat hätte dann den Rücken frei, für die entscheidende, aber gescheiterte Aufgabe, den Einsatz von Stoffen und Energien bei der Produktion umweltverträglich auszurichten.

Allgemein lässt sich sagen, dass die langfristige Entwicklung der Forschung über Müll und Abfall einen Fall darstellt, der die Relevanz reflexiver Modernisierung verdeutlicht (Beck et al. 1996; Beck/Lau 2004). Darüber hinaus können jedoch einige weitere Verallgemeinerungen aus der Beobachtung der Abfallpolitik im Bereich der Siedlungsabfälle in der Bundesrepublik gezogen werden:

1. Der experimentelle Charakter des rekursiven Lernens ist nicht das Anzeichen für eine Technologie in ihrem Frühstadium, sondern ein essentielles Merkmal jeder technologischen Innovation. Je besser die technischen Komponenten bekannt und die Verwendungskontexte durch rechtliche Regeln determiniert sind, desto genauer lassen sich die Beziehungen zwischen theoretischem Wissen/Unwissen und dem Aufbau und Betrieb einer praktischen Anlage abstimmen.



2. Im Verlauf der Entwicklung wird das experimentelle Design immer differenzierter. Die Anzahl der berücksichtigten Faktoren technischer, ökologischer und ökonomischer Art steigt ständig an. Vor allem kommt es zur integrierten Betrachtung der instrumentellen und der organisationalen Aspekte der Technologien.
3. Im Feld der Entsorgungswirtschaft gibt es eine Tendenz von einem eher durch Zufall und von unerfreulichen Überraschungen bestimmten Lernprozess zu einer immer stärker institutionalisierten Strategie. Dies umfasst den Aufbau von Beobachtungsmöglichkeiten wie der technologischen Kontrolle, den Aufbau von sozialer Akzeptanz und der ökologischen Angemessenheit und ökonomischen Leistungsfähigkeit eines Entsorgungssystems. Messverfahren, Dokumentation und wissenschaftliche Interpretation nehmen zu. Im Zuge der Institutionalisierung wächst die Anzahl der Akteure, die an Entwurf und Durchführung der Projekte beteiligt sind.
4. Das rekursive Lernen wird ständig durch Entdeckungen von neuen technischen Optionen, Risiken und technologischen Unsicherheiten und durch die Kontingenzen von Verhaltens- und organisatorischen Faktoren angereichert. Im Laufe der Entwicklung wächst das Spektrum an Optionen und Risiken. Nichtwissen steht nicht am Anfang einer technologisch-organisatorischen Erprobung, sondern ergibt sich im Verlauf der Implementierung auf jeder Stufe der hier betrachteten Paradigmen. Die Auflösung des Nichtwissens in neue Lösungen ist mit der Erzeugung neuen Nichtwissens verbunden.
5. In der Abfallforschung und -wirtschaft treffen die Komponenten von Wissenschaft und Technik, von organisationalen Strukturen, von Politik und sozialen Bewegungen und von Einstellungen und Wahrnehmungen zusammen und unterstützen die Idee eines ›neuen Modus der Wissensproduktion‹ in der Gegenwartsgesellschaft (Gibbons et al. 1994). Das bedeutet, dass Wissen in seinem Anwendungskontext generiert wird, heterogene Akteure hybride Foren bilden und dabei Wertkonzepte mit Forschungsmethoden verknüpft werden. Wissenschaftliche Entdeckung und Erklärung werden gleichzeitig zum Teil und Antrieb einer komplexeren Logik von Innovation und Modernisierung.



## 8. Die Zukunft des Experiments

### in der Wissensgesellschaft

---

Die Streuung unserer Fallbeispiele verlangt eine vergleichende Querbeachtung. Bei der begrifflichen und historischen Einkreisung der Konzeption des Realexperiments haben wir uns von zwei Gesichtspunkten leiten lassen.

*Zum einen* war es nötig, dem Begriff definitorische Präzision zu geben, um Realexperimente gegen beliebige Prozesse des sozialen Lernens abzugrenzen. Realexperimente zeichnen sich in unserem Verständnis dadurch aus, dass sie erstens immer Strategien der Anwendung anerkannten Wissens mit der Erzeugung neuen Wissens im Kontext von gesellschaftlichen Problemstellungen und zweitens kontrollierte Randbedingungen mit situationsspezifischen Gegebenheiten kombinieren. Geht man davon aus, dass die Streuung der Varianten, die sich bei den unterschiedlichen Gegebenheiten aus diesen Kombinationen ergeben, charakteristisch für das Realexperiment ist, dann mag es abwegig erscheinen, überhaupt einen ›Idealtypus‹ zu definieren. Um jedoch eine gewisse Trennschärfe gegenüber allen möglichen Erscheinungen des sozialen Wandels zu erzielen, haben wir eine solche Definition mit Hilfe des Gestaltungszyklus in Kapitel 1 entworfen. Je expliziter und in den Selbstbeschreibungen der Akteure reflektierter die dort genannten Merkmale hervortreten, desto stärker liegen Realexperimente in einem eindeutigen und fest umrissenen Sinn vor.

*Zum anderen* haben wir in den Kapiteln 2 und 3 anhand von historischen Beispielen und Belegen aus den Natur- und Sozialwissenschaften demonstriert, dass das Realexperiment seinen Ursprung nicht in einer prekären Übertragung des Laborexperiments in nichtwissenschaftliche Umwelten hat, sondern umgekehrt in Modernisierungs- und Innovationskontexten, in denen Menschen sich der Notwendigkeit des Handelns trotz

Nichtwissens und entsprechender Handlungsrisiken bewusst sind. Das Realexperiment kann dem Umgang mit Unsicherheit und Nichtwissen Struktur geben. Es bahnt den Mittelweg zwischen dem leichtfertigen Vertrauen in Sicherheitsvorkehrungen und feste Planungen, das leicht zur Enttäuschung führt, und der Absage an Veränderungen. Lernbereitschaft durch Beobachtung und Verarbeitung der Handlungsfolgen ist das charakteristische Merkmal von Realexperimenten. Sie setzen sich gesellschaftlich umso stärker durch, je ›demokratischer‹ die Modernisierungsprozesse werden, je mehr also Betroffene des Wandels zu Beteiligten an dessen Design werden. Denn dann ist vorgezeichnet, dass die Bedingungen ausgehandelt, skeptische Befürchtungen und euphorische Erwartungen in Hypothesen umformuliert, Verläufe beobachtet und Änderungen des Designs erörtert werden. Eine experimentelle Wissensgesellschaft verleiht ihrem Wandel notwendigerweise Züge der Ungewissheit sowie der Generierung von immer neuem Nichtwissen. Darauf muss sie ihre Institutionen entsprechend einrichten. Je stärker diese Institutionen die realexperimentellen Prozesse explizit machen, desto genauer bildet die idealtypische Definition des Realexperiments im Sinne unseres Gestaltungszyklus den Rahmen der mit Wissenserwerb und Wissensverwendung verbundenen gesellschaftlichen Modernisierungspraxis.

Innerhalb unserer Begrenzung auf ökologisch und umweltpolitisch relevante Handlungsfelder decken die dargestellten Fälle die Breite dieser Entwicklung ab. Betrachten wir dabei einige der wichtigen gemeinsamen und differentiellen Merkmale:

In einigen Fällen kam der Status des Experimentierens nicht durch Entscheidungen, sondern durch eine allmähliche *Zuschreibung* und neue *Interpretation* des Geschehens zustande. Verursacht wurde dies entweder durch das Infragestellen von Alltagsroutinen, Selbstverständlichkeiten und Traditionen oder dadurch, dass sich vermeintlich als sicher eingeschätzte innovative Strategien als problematisch erwiesen. Alltagsroutinen können zusammenbrechen, weil neues Wissen ihre bisher unerkannten Gefahren aufdeckt oder weil ihre Ausweitung in inakzeptable Grenzbereiche führt. Die im Kapitel 2 angeführten historischen Fälle zu den Gefahren des landwirtschaftlichen Raubbaus unter Bedingungen der Industrialisierung und zur Erkenntnis der Seuchenausbreitung durch Pasteur sind dafür Beispiele. Die ungebremsste Ausbreitung von ›wilden‹ Mülldeponien (Kap. 7) stellte sich selbst in Frage. In den Fällen Mkwaja Ranch (Kap. 4) und Sempachersee (Kap. 6) erwies sich dagegen die Sicherheit des angewendeten Wissens als trügerisch und offenbarte erst allmählich dessen experimentellen Status. Ähnliche Beobachtungen haben wir in den frühen Phasen von Entsorgungstechnologien gemacht. Nur in dem Fall der ökologischen Gestaltung

von Montrose Point in Chicago (Kap. 5) ist das deliberative Verhandeln und Entwerfen eines experimentellen Lernprozesses von Beginn an handlungsleitend. Verallgemeinert man diesen Befund, ergibt sich die Vermutung, dass die Bereitschaft zum Durchspielen von Risiken in Realexperimenten sich erst durch die problematischen Überraschungen ergibt, in die Akteure hineingeraten sind, weil sie sich (zu) sicher fühlten. Eine weitere Bedingung dafür, die Experimentalstrategie explizit zu machen, ist dann häufig die Verhandlung kontroverser Hypothesen und Prognosen, die durch den Streit der Experten oder den Auftritt von Gegenexperten entsteht. Es ist auch keineswegs immer nur das Alltagswissen, das zu Überraschungen führt. Wie das Beispiel Sempachersee deutlich macht, kann sich auch das wissenschaftliche Spezialwissen als trügerisch erweisen. Eine sorgfältige Abwägung der Wissensbestände würde wohl in vielen Fällen auf die Unsicherheitspotentiale verweisen. Aber nur einige Akteurskonstellationen legen eine solche Abwägung nahe, bevor problematische Überraschungen sie erzwingen.

Wir haben in allen beobachteten Fällen den Begriff des *rekursiven Lernens* verwendet. Lernen ist nicht das Ziel der Experimente, sondern ein Mittel, um die Experimentalziele zu erreichen. Die Persistenz der Experimente ergibt sich aus den ökologischen, umweltpolitischen und ökonomischen Problemen, die auch bei Misserfolgen gelöst werden müssen. Aufgabe des rekursiven Lernens ist die Optimierung der Experimentalanordnung aufgrund von neuen Erfahrungen und Erkenntnissen. Rekursion spielt in allen unseren Fällen eine Rolle und charakterisiert bestimmte Perioden der Entwicklung. Jedoch wäre es irreführend, die gesamte Entwicklung der Lerngeschichte nur auf diese Rekursion zurückzuführen. Im Fall von Mkwaja Ranch ist deutlich, dass die Einbindung in eine wechselhafte ökonomische Umwelt es häufig gar nicht zulässt, aus Fehlern geschöpftes Wissen sinnvoll anzuwenden. Die Adaptation an neue ökonomische Größen macht die Akkommodation des Handlungssystems obsolet. Eine zweite wichtige Kategorie ist die des ›lock in‹ – der Selbsteinschluss eines vermeintlich erfolgreichen Lernprozesses. Bei den verschiedenen Paradigmen der Entsorgungswirtschaft konnte beobachtet werden, dass rekursives Lernen zwar zu Optimierungen führte, aber dann die Ziele des Handelns in die Kritik gerieten. Möglicherweise wird an diesen sogar zu lang festgehalten, gerade weil die Optimierung erfolgreich ist. Neue Handlungsziele drängen sich erst dann auf, wenn beispielsweise durch Änderung politischer Mehrheitsverhältnisse andere Prioritäten gesetzt werden oder durch den Wertewandel in der Gesellschaft neue Semantiken und Handlungsoptionen anschluss- und durchsetzungsfähig werden. Ein Beispiel findet sich in der Verschiebung der Prioritäten von der Entsorgung und Deponierung über die Wiederver-

wertung hin zu Vermeidung und Verwertung von Müll (Kap. 7). Am wenigsten ändern sich die Handlungsziele dort, wo es um die Behebung und Vermeidung von Schäden geht. Die Eutrophierung des Sempachersees ist ein in diesem Sinn wohldefinierter Schaden. Auch bleibt die Vermeidung von Grundwasserverunreinigungen durch Mülldeponien und giftigen Emissionen aus Verbrennungsanlagen nach einem Paradigmenwechsel eine essentielle Aufgabe. Dort jedoch, wo die Ziele stärker als bei der Beseitigung manifester Schäden aus einem Optionsraum möglicher Alternativen gewonnen werden, können Lernerfolge durch Veränderung der strategischen Ziele an Gewicht verlieren. Realexperimente sind also Episoden, in denen neben der internen Berücksichtigung von erfolgreichen Lernschritten, die zu angestrebten Lösungen beitragen, immer auch die politische Relevanz bestehender Ziele einer externen Bewertung ausgesetzt ist.

Ein dritter Fall der externen Modifikation der Lerndynamik ist der Einfluss neuen Wissens aus anderen Quellen. Jedes Realexperiment ist immer nur ein verschwindend kleines Element in einem weiten Feld wissenschaftlicher und technologischer Veränderungen. Bei der Bewertung der beobachteten Lernprozesse muss daher neben dem Erfolg und Misserfolg rekursiven Lernens auch die Veränderung der Handlungsziele durch Wissen, das an anderer Stelle gewonnen wurde, berücksichtigt werden.

Ein in den vergangenen Kapiteln unter verschiedenen Aspekten immer wieder auftauchendes Phänomen experimentellen Lernens war das einer sozial und wissenschaftlich *robusten* Gestaltungsstrategie. Eine solche ist darauf angelegt, ein angestrebtes Ziel trotz Überraschungen weiterzuverfolgen, weil für die Verarbeitung der Überraschungen Eingriffsreserven zur Verfügung stehen. Robustheit kann auch bedeuten, eine Revision des Ziels einzuplanen, ohne den Gestaltungsprozess abzubrechen. So verstanden bezeichnet Robustheit weder die Mittel noch die Ziele, sondern die Integrität einer rekursiven Lerndynamik, auch wenn unvorhergesehene Systemzustände überraschen oder die sozialen Interessen und Wünsche sich verändern. Robustheit ist ein Attribut des Lernprozesses und damit in erster Linie abhängig von der Integration der Akteure. Jedoch wäre es irreführend, Robustheit nur als eine soziale Kategorie aufzufassen, die bereits durch ein geeignetes Management realisiert werden kann. Wissenschaftliche Verlässlichkeit, technische Sicherheit, Handlungserfolg und andere epistemische Komponenten spielen eine ausschlaggebende Rolle bei der Integration der Akteure und der Bildung von Zutrauen in einen rekursiven Lernprozess. Die Anlage eines realexperimentellen Gestaltungsprozesses muss daher immer mit Blick auf die epistemischen *und* sozialen Anforderungen erfolgen. Man kann sogar vermuten, dass wegen der Beteiligung heterogener Akteure mit unterschiedlichen Interessenlagen und Wertvorstellungen die

Experten eher mit höheren Rechenschaftspflichten konfrontiert werden als in der Wissenschaft selbst. Die Anwendbarkeit von Modellen unter situationsspezifischen Randbedingungen, die Übertragbarkeit von Daten aus ähnlichen Verfahren, die Verlässlichkeit von Prognose-Instrumenten und also auch von Prognosen, die Berücksichtigung von alternativen Lehrmeinungen und Verfahren – dies alles kann in kritischen Fällen gnadenlos auf den Prüfstand kommen. Problematische Überraschungen führen immer auch zur ex post-Überprüfung dessen, was man hätte wissen können. Führt eine solche Überprüfung auf den Verdacht der Fahrlässigkeit auf Seiten der Wissenschaftler und anderer Experten, ist das Vertrauen in die Leistungsfähigkeit eines rekursiven Lernprozesses verspielt. Soziale Robustheit geht daher grundsätzlich einher mit einer hohen epistemischen Robustheit. Für ökologische Gestaltungsprozesse ist zwar häufig ein pragmatischer Wissensfundus hilfreicher als eine grundlagenorientierte Originalität. Jedoch kann dies keineswegs bedeuten, dass die Robustheit eines solchen Wissens erkaufte ist mit geringeren epistemischen Standards. Im Gegenteil: Die Fälle Sempachersee und Montrose Point haben gezeigt, dass durch realexperimentelle robuste Gestaltungen auch Wissen entsteht, das für die akademischen Grundlagen bestimmter Disziplinen (z.B. Vogelverhalten in der Ornithologie) belangvoll sein kann.

Eine zentrale Anforderung bei dem Aufbau robuster Gestaltungsprozesse ist daher, nicht nur auf Interessenkonstellationen Rücksicht zu nehmen, sondern den Lernprozess institutionell so zu verankern, dass er das Risiko des Nichtwissens sozial und kognitiv verarbeiten kann. Unsere Fallbeispiele spiegeln die häufig eher zufällige und ungewollte Entstehungsweise einer realexperimentellen Situation wider. Wenn jedoch das Realexperiment ein *Modell* des sozialen Lernens sein soll, das von Politik und Wissenschaft gestützt wird, dann kommt es darauf an, die politisch-normativen und epistemisch-normativen Rahmenbedingungen ex ante zu befolgen. Denn ein erfolgreiches Realexperiment muss bereits im Design die Risiken der Forschung und der Eingriffe transparent und diskursiv zugänglich machen. Mit für Laien aufbereiteten Mitteilungen über den Stand des Wissens und die verfügbaren Methoden ist es dabei nicht getan. Gerade weil in vielen realexperimentellen Gestaltungsprozessen nicht einmal eine genaue Abschätzung dessen, was man nicht weiß, möglich ist, ist längerfristiges und überraschungsresistentes Vertrauen in das Verfahren nur möglich, wenn auch die Risiken des Nichtwissens kommuniziert werden und ihre Zumutung legitim erscheint. Es wird immer mehr oder weniger gute Gründe geben, Realexperimente abzulehnen oder die Beteiligung zu versagen. Wir vermuten jedoch, dass es immer mehr Beispiele für den Einsatz von realexperimentellen Lernprozessen als Verfahren der Zukunftsgestal-

tung geben wird. Sie sind ein Innovationsmodus der Wissensgesellschaft gerade dort, wo die Komplexität der Sachlage und die Risiken des Entscheidens es nicht zulassen, Zukunftsmodelle zu entwerfen, die durch Wissen abgesichert und im Spektrum der Interessen konsensfähig sind. Die Risiken des lernbereiten Ausprobierens sind in einer dynamischen Gesellschaft am Ende die geringsten.



## Literatur

---

- Addams, Jane (1967 [1910]): *Twenty Years at Hull-House (with Autobiographical Notes)*, New York: Macmillan.
- Addams, Jane (1970 [1895]): »Prefatory Note«. In: Residents of Hull-House (Hg.): *Hull-House Maps and Papers*, New York: Arno Press, S. vii-viii.
- Adler, Jeremy (1987): »Eine fast magische Anziehungskraft«: Goethes »Wahlverwandtschaften« und die Chemie seiner Zeit, München: Beck.
- AfU – Amt für Umweltschutz (1999): *Zufluss-Untersuchungen Sempachersee 1992-97*, Luzern: Kantonales Amt für Umweltschutz.
- Alwast, Holger/Hoffmeister, Jochen/Paschla, Helmut (2003): »2005 oder ›5 vor 12««. In: *Müll und Abfall* 35 (1): 16-29.
- Anderson, Nels (1923): *The Hobo. The Sociology of the Homeless Man*, Chicago: University of Chicago Press.
- Angell, Robert C. (1932): »The Difficulties of Experimental Sociology«. In: *Social Forces* 11 (2): 207-210.
- Arendt, Hannah (1959): *The Human Condition*, Chicago: University of Chicago Press.
- Arendt, Hannah (1967): *Vita activa oder vom tätigen Leben*, München: Piper.
- Bacon, Francis (1962 [1861/1862]): »Mr. Bacon in Praise of Knowledge«. In: ders.: *The Works of Francis Bacon, Band VIII* (hg. von James Spedding, Robert Leslie Ellis und Douglas Dennon Heath), Stuttgart: Frommann, S. 123-126.
- Bacon, Francis (1963 [1859]): »New Atlantis«. In: ders.: *The Works of Francis Bacon, Band III* (hg. von James Spedding, Robert Leslie Ellis und Douglas Dennon Heath), Stuttgart: Frommann, S. 119-166.
- Bacon, Francis (1990a [1620]): *Neues Organon. lateinisch-deutsch*, Teilband 1 (hg. von Wolfgang Krohn), Hamburg: Meiner.
- Bacon, Francis (1990b [1620]): *Neues Organon. lateinisch-deutsch*, Teilband 2 (hg. von Wolfgang Krohn), Hamburg: Meiner.

- Baldwin, A. Dwight Jr./de Luce, Judith/Pletsch, Carl (Hg.) (1994): *Beyond Preservation: Restoring and Inventing Landscapes*, Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Bannister, Robert C. (1987): *Sociology and Scientism: The American Quest for Objectivity, 1880-1940*, Chapel Hill: University of North Carolina Press.
- Baumann, Joseph/Beck, Barbara/Röllin, Stefan (1993): »Erlebnis- und Erholungsraum«. In: *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern* 33: 295-324.
- Beck, Ulrich (1988): *Gegengifte. Die organisierte Unverantwortlichkeit*, Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Beck, Ulrich/Giddens, Anthony/Lash, Scott (Hg.) (1996): *Reflexive Modernisierung. Eine Kontroverse*, Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Beck, Ulrich/Lau, Christoph (Hg.) (2004): *Entgrenzung und Entscheidung. Was ist neu an der Theorie reflexiver Modernisierung?* Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Berlin, Isaiah (1999): *The Roots of Romanticism*, Princeton: Princeton University Press.
- Bernard, Claude (1957): *An Introduction to the Study of Experimental Medicine*, New York: Dover.
- Bernhardt, Heinz/Hötter, Gerhard (1967): »Möglichkeiten der Verhinderung anaerober Verhältnisse in einer Trinkwassertalsperre während der Sommerstagnation«. In: *Archiv für Hydrobiologie* 63 (3): 404-428.
- Bischoff, Ariane/Wilke, Heinrich (1997): »Abfallmanagement in einer Großsiedlung – Neue Wege in einen besseren Umgang mit Wertstoffen in Mohnheim am Rhein«. In: *Müll und Abfall* 29 (8): 466-471.
- Blum, Josef (2004): *Maßnahmen in der Landwirtschaft für die Gesundheit des Sempachersees*, Dienststelle für Landwirtschaft und Wald des Kantons Luzern: Unveröffentlichtes Manuskript.
- Blum, Josef/Felder, Beat (1993): »Landwirtschaft im Einzugsgebiet des Sees«. In: *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern* 33: 251-268.
- Bonneuil, Christophe (2000): »Development as Experiment: Science and State Building in Late Colonial and Postcolonial Africa«. In: *Osiris* 15: 258-281.
- Bormann, Frederick H./Likens, Gene E. (1979): *Patterns and Process in a Forested Ecosystem. Disturbance, Development and the Steady State Based on the Hubbard Brook Ecosystem Study*, Berlin: Springer.
- Böschen, Stefan/Schneider, Michael/Lerf, Anton (Hg.) (2004): *Handeln trotz Nichtwissen. Vom Umgang mit Chaos und Risiko in Politik, Industrie und Wissenschaft*, Frankfurt/Main: Campus.
- Böschen, Stefan/Wehling, Peter (2004): *Wissenschaft zwischen Folgenverantwortung und Nichtwissen*, Wiesbaden: VS-Verlag.

- Brand, Karl-Werner/Göschl, Alexandra/Hartleitner, Bernhard/Kreibe, Siegfried/Pürschel, Christian/Viehöver, Willy (2002): *Nachhaltigkeit und abfallpolitische Steuerung. Der Umgang mit Kunststoffabfällen aus dem Verpackungsbereich*, Berlin: Analytica.
- Brown, Mark B. (2003): »Wie kommt Gesellschaft in die Wissenschaft? Über Repräsentation, Partizipation und Beratung«. In: *Gegenworte* 11: 55-57.
- Brown, Robert (1997): »The Delayed Birth of Social Experiments«. In: *History of the Human Sciences* 10 (2): 1-23.
- Bryson, Michael A. (2002): *Visions of the Land: Science, Literature, and the American Environment from the Era of Exploration to the Age of Ecology*, Charlottesville: The University Press of Virginia.
- Bucchie, Massimiano (2004): »The Uses of Scientific Fact: Pasteur's Public Experiment on Anthrax in the Popular Press of the Time«. In: Ron Eglash/Jennifer L. Croissant/Giovanni Di Chiro/Rayvan Fouché (Hg.): *Appropriating Technology: Vernacular Science and Social Power*, Minneapolis: University of Minnesota Press, S. 5-32.
- Bulmer, Martin (1986): »Evaluation Research and Social Experimentation«. In: ders. (Hg.): *Social Science and Social Policy*, London: Allen and Unwin, S. 155-179.
- Burgess, Ernest W. (Hg.) (1926): *The Urban Community*, Chicago: University of Chicago Press.
- Burgess, Ernest W. (1930): »The Value of Sociological Community Studies for the Work of Social Agencies«. In: *Social Forces* 8 (4): 481-491.
- Campbell, Donald T. (1957): »Factors Relevant to the Validity of Experiments in Social Settings«. In: *Psychological Bulletin* 54 (4): 297-312.
- Campbell, Donald T. (1969): »Reforms as Experiments«. In: *American Psychologist* 24 (4): 409-429.
- Campbell, Donald T./Stanley, Julian C. (1963). *Experimental and Quasi-Experimental Design for Research*, Chicago: Rand McNally.
- Carr, Lowell J. (1929): »Experimental Sociology: A Preliminary Note on Theory and Method«. In: *Social Forces* 8 (1): 63-74.
- Cartwright, Nancy (1999): *The Dappled World. A Study of the Boundaries of Science*, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Chamberlain, Lisa (2004): »Mayor Daley's Green Crusade. The Longtime Chicago Mayor has Vowed to Make his City the Greenest in the Nation«. In: *Metropolis* (July): 104.
- Chapin, F. Stuart (1947): *Experimental Designs in Sociological Research*, New York: Harper.
- Cittadino, Eugene (1990): *Nature as the Laboratory. Darwinian Plant Ecology in the German Empire, 1880-1900*, New York: Cambridge University Press.

- Cochard, Roland (2004): *Patterns and Dynamics of Secondary Acacia Zanzibarica Woodlands at Mkwaja Ranch, Tanzania*, Zürich: Diss. ETH 15830.
- Collins, Harry M./Evans, Robert (2002): »The Third Wave of Science Studies. Studies in Expertise and Experience«. In: *Social Studies of Science* 32 (2): 235-296.
- Commoner, Barry (1971): *The Closing Circle. Nature, Man and Technology*, New York: Knopf.
- Commoner, Barry (1972): »The Social Use and Misuse of Technology«. In: Jonathan Benthall (Hg.): *Ecology, the Shaping Enquiry*, Edinburgh: Longman, S. 335-362.
- Comte, Auguste (1854): *The Positive Philosophy of Auguste Comte*, New York: Appleton.
- Cook, Thomas D. (2004): »Recent American Experience with Social Experiments«, Vortrag auf dem Workshop zu *Real-World Experiments: Combining Ecological Research and Design*, Bielefeld, 8.-12. September 2004.
- Cook, Thomas D./Campbell, Donald T. (1979): *Quasi-Experimentation: Design & Analysis Issues for Field Settings*, Boston: Houghton Mifflin Company.
- Cube, Serge von (1975): »Widersprüche bei der Forschung über Abfallbeseitigung in Mülldeponien«. In: *Müll und Abfall* 7 (7): 43-47.
- Da Vinci, Leonardo (1952 [1507]): »Brief an Ludovico Sforza«. In: ders.: *Tagebücher und Aufzeichnungen* (hg. von Theodor Lücke), München: Paul List Verlag, S. 889-891.
- Daele, Wolfgang van den (1977): »Die soziale Konstruktion der Wissenschaft. Institutionalisierung und Definition der positiven Wissenschaft in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts«. In: Gernot Böhme/Wolfgang van den Daele/Wolfgang Krohn (Hg.): *Experimentelle Philosophie. Ursprünge autonomer Entwicklung*, Frankfurt/Main: Suhrkamp, S. 131-182.
- Daiber, Jürgen (2001): *Experimentalphysik des Geistes. Novalis und das romantische Experiment*, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Deegan, Mary J. (1988): *Jane Addams and the Men of the Chicago School, 1892-1918*, New Brunswick, NJ: Transaction Publishers.
- Dehue, Trudy (2004a): »Die Entstehung der Experimentiergesellschaft. Über soziale Experimente, Kontrollgruppen und Zufallsprinzip«. In: Hennig Schmidgen/Peter Geimer/Sven Dierig (Hg.): *Kultur im Experiment*, Berlin: Kadmos, S. 82-101.
- Dehue, Trudy (2004b): »The History of Social Experiments«. In: Kimberly Kempf-Leonard (Hg.): *Encyclopedia of Social Measurement*, Vol. 3, Oxford: Elsevier, S. 509-515.

- Descartes, René (1969): *Discours de la Méthode. Von der Methode des richtigen Vernunftgebrauchs und der wissenschaftlichen Forschung* (Hg. von Lüder Gäbe), Hamburg: Meiner.
- Dewey, John (1998 [1929]): *Die Suche nach der Gewißheit. Eine Untersuchung des Verhältnisses von Erkenntnis und Handeln*, Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Domer, Dennis (Hg.) (1997): *Alfred Caldwell. The Life and Work of a Prairie School Landscape Architect*, Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Dunlap, Riley E./Catton, William R. (1994): »Struggling with Human Exceptionalism. The Rise, Decline and Revitalization of Environmental Sociology«. In: *The American Sociologist* 25 (1): 5-30.
- Durkheim, Emile (1984 [1895]): *Die Regeln der soziologischen Methode*, Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- EAWAG – Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (1979): *Gutachten über die Sanierung des Sempachersees*, Dübendorf: Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz.
- EAWAG – Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (1987): *Sanierung des Sempachersees: Auswertung der Zuflussuntersuchungen. Messperiode Mai 1984 bis April 1986*, Dübendorf: Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz.
- EAWAG – Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (1996): *Sanierung des Sempachersees. Neuer Betriebsmodus der Seebelüftung*, Dübendorf: Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz.
- Eckart, Wolfgang U. (1997): *Medizin und Kolonialimperialismus. Deutschland 1884-1945*, Paderborn: Schöningh.
- Einsele, Wilhelm (1936): »Über die Beziehungen des Eisenkreislaufs zum Phosphatkreislauf im eutrophen See«. In: *Archiv für Hydrobiologie* 29: 664-686.
- Elkeles, Barbara (1996): *Der moralische Diskurs über das medizinische Menschenexperiment im 19. Jahrhundert*, Stuttgart: G. Fischer.
- Entrikin, J. Nicholas (1980): »Robert Park's Human Ecology and Human Geography«. In: *Annals of the American Association of Geographers* 70: 43-58.
- Eser, Uta (1999): *Der Naturschutz und das Fremde. Ökologische und normative Grundlagen der Umweltethik*, Frankfurt/Main: Campus.
- Exler, Hans-Joachim (1972): »Ausbreitung und Reichweite von Grundwasserunreinigungen im Unterstrom einer Mülldeponie«. In: *Gas- und Wasserfach* 113: 101-112.

- Ezrahi, Yaron (1990): *The Descent of Icarus: Science and the Transformation of Contemporary Democracy*, Cambridge/MA: Harvard University Press.
- Ford, John/Blaser, E. (1971): »Some Aspects of Cattle Raising under Prophylactic Treatment against Trypanosomiasis on the Mkwaja Ranch, Tanzania«. In: *Acta Tropica* 28 (2): 69-79.
- Friederici, Peter (1999): *The Suburban Wild*, Athens/GA: The University of Georgia Press.
- Friege, Henning (1997): »Von der Abfallwirtschaft zum Management von Stoffströmen«. In: *Müll und Abfall* 29 (1): 4-13.
- Friege, Henning (2003): »Abfallwirtschaft: Neue Sichtweisen und Techniken«. In: *Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung* 15 (4): 215-233.
- Furnweger, Karen (1997): »The Magic Hedge at Montrose Point: Plans for Development«. In: *Compass* (Chicago Audubon Society) 11 (7/8): 1-4.
- Furrer, Otto J. (1978): »Abschwemmung und Auswaschung von Nährstoffen«. In: Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene, FAC (Hg.): *Informationstagung »Landwirtschaft und Gewässerschutz«*, 27. Oktober 1978, Bern: Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene, S. 39.
- Furrer, Otto J./Gächter, René (1972): »Der Beitrag der Landwirtschaft zur Eutrophierung der Gewässer in der Schweiz. II. Einfluss von Düngung und Nutzung des Bodens auf die Stickstoff – und Phosphormengen im Wasser«. In: *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 34 (1): 71-93.
- Gächter, René (1987): »Lake Restoration: Why Oxygenation and Artificial Mixing cannot Substitute for a Decrease in the External Phosphorus Loading«. In: *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 49 (2): 171-185.
- Gächter, René/Mares, Anton/Grieder, Erwin/Zwysig, Alois/Höhener, Patrick (1989): »Auswirkungen der Belüftung und Sauerstoffbegasung auf den P-Haushalt des Sempachersees«. In: *Wasser, Energie, Luft* 81 (11/12): 335-341.
- Gächter, René/Meyer, Joseph S. (1990): »Mechanisms Controlling Fluxes of Nutrients Across the Sediment/Water Interface in a Eutrophic Lake«. In: Renato Baudo/John P. Giesy/Herbert Muntau (Hg.): *Sediments. Chemistry and Toxicity of In-place Pollutants*, Chelsea, Michigan: Lewis, S. 131-162.
- Gächter, René/Stadelmann, Pius (1993): »Gewässerschutz und Seenforschung«. In: *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern* 33: 343-378.
- Gächter, René/Stamm, Christian/Kunze, Ute (1996): »Dünger düngt Sempachersee«. In: *Agrarforschung* 3 (7): 329-332.
- Gächter, René/Wehrli, Bernhard (1998): »Ten Years of Artificial Mixing and Oxygenation: No Effect on the Internal Phosphorus Loading of Two Eu-

- trophic Lakes«. In: *Environmental Science and Technology* 32 (23): 3659-3665.
- Galbraith, John K. (1970): *Gesellschaft im Überfluß*, München: Droemer Knaur.
- Galileo, Galilei (1973 [1638]): *Unterredungen und mathematische Demonstrationen ueber zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend*, Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Garden, Jerry (2003): »Lake Calumet Open Space Reserve featured at Awards Dinner«. In: *Compass* (Chicago Audubon Society) 17 (6): 1.
- Gibbons, Michael/Limoges, Camille/Nowotny, Helga/Schwartzman, Simon/Scott, Peter/Trow, Martin (1994). *The New Production of Knowledge. The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, London: Sage.
- Giddings, Franklin H. (1924): *The Scientific Study of Human Society*, Chapel Hill: University of North Carolina Press.
- Gilbert, William (1600): *De Magnete*, London.
- Gisler, Priska/Guggenheim, Michael/Maranta, Alessandro/Nowotny, Helga (2004): *Imaginierte Laien. Die Macht der Vorstellung in wissenschaftlichen Expertisen*, Weilerswist: Velbrück.
- Gobster, Paul H. (1997): »The Chicago Wilderness and its Critics, III – The Other Side: A Survey of Arguments«. In: *Restoration & Management Notes* 15 (1): 32-37.
- Gobster, Paul H. (2001): »Visions of Nature: Conflict and Compatibility in Urban Park Restoration«. In: *Landscape and Urban Planning* 56 (1/2): 35-51.
- Gobster, Paul H. (2002a): »Managing Urban Parks for a Racially and Ethnically Diverse Clientele«. In: *Leisure Sciences* 24 (2): 143-159.
- Gobster, Paul H. (2002b): »Nature in Four Keys: Biographies of People and Place in Urban Park Restoration«, Papier vorgestellt auf dem Workshop zu *Socially Robust Ecological Design*, Bielefeld, 3.-5. Oktober 2002.
- Gobster, Paul H./Barro, Susan C. (2000): »Negotiating Nature: Making Restoration Happen in an Urban Park Context«. In: Paul H. Gobster/Bruce Hull (Hg.): *Restoring Nature. Perspectives from the Social Sciences and Humanities*, Covelo/CA: Island Press, S. 185-207.
- Gobster, Paul H./Hull, Bruce (Hg.) (2000): *Restoring Nature: Perspectives from the Social Sciences and Humanities*, Covelo/CA: Island Press.
- Goethe, Johann Wolfgang von (1964): »Biographische Einzelheiten«. In: ders.: *Poetische Werke. Autobiographische Schriften IV*, Berliner Ausgabe Band 16, Berlin: Aufbau-Verlag, S. 365-436.
- Goethe, Johann Wolfgang von (1971a [1792]): »Der Versuch als Vermittler von Objekt und Subjekt«. In: ders.: *Goethes Werke, Band XIII: Naturwis-*

- senshaftliche Schriften*, Hamburger Ausgabe Band 13, Hamburg: Christian Wegner, S. 10-20.
- Goethe, Johann Wolfgang von (1971b [1792]): »Morphologie«. In: ders.: *Goethes Werke, Band XIII: Naturwissenschaftliche Schriften*, Hamburger Ausgabe Band 13, Hamburg: Christian Wegner, S. 53-250.
- Goethe, Johann Wolfgang von (1973): »Die Wahlverwandtschaften«. In: ders.: *Goethes Werke, Band VI: Romane und Novellen*, Hamburger Ausgabe Band 6, München: Beck, S. 242-490.
- Gooding, David C. (1990): *Experiment and the Making of Meaning: Human Agency in Scientific Observation and Experiment*, Dordrecht: Kluwer.
- Gooding, David C. (1993): »What Is Experimental about Thought Experiments?«. In: David Hull/Micky Forbes/Kathleen Okruhlik (Hg.): *PSA 1992. Proceedings of the 1992 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association, Volume Two*, East Lansing: Philosophy of Science Association, S. 280-290.
- Grassmuck, Volker/Unverzagt, Christian (1991): *Das Müll-System. Eine metarealistische Bestandsaufnahme*, Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Greenberg, David/Linksz, Donna/Mandel, Marvin (2003): *Social Experimentation and Public Policy Making*, Washington, D.C.: Urban Institute Press.
- Greenwood, Ernest (1976 [1945]): *Experimental Sociology. A Study in Method*, New York: Octagon Books.
- Groß, Matthias (2001): *Die Natur der Gesellschaft. Eine Geschichte der Umweltsoziologie*, Weinheim: Juventa.
- Groß, Matthias (2002): »New Natures and Old Science: Hands-on Practice and Academic Research in Ecological Restoration«. In: *Science Studies* 15 (2): 17-35.
- Groß, Matthias (2003): *Inventing Nature. Ecological Restoration by Public Experiments*, Lanham/MD: Lexington Books.
- Groß, Matthias (2004): »Human Geography and Ecological Sociology: The Unfolding of a Human Ecology, 1890 to 1930 – and Beyond«. In: *Social Science History* 28 (4): 575-605.
- Groß, Matthias (2005): »Technology Development as Innovative Crisis: Georg Simmel's Reflections on Modern Science and Technology«. In: *Perspectives on Global Development and Technology* 4 (1), 45-61.
- Groß, Matthias/Hoffmann-Riem, Holger/Krohn, Wolfgang (2003): »Real-experimente: Robustheit und Dynamik ökologischer Gestaltungen in der Wissensgesellschaft«. In: *Soziale Welt* 54 (3): 241-258.
- Groß, Matthias/Krohn, Wolfgang (2005): »Society as Experiment: Sociological Foundations for a Self-experimental Society«. In: *History of the Human Sciences* 18 (2), 63-86.



- Haarmann, Knut/Pretschner, Peter (1993): *Zustand und Zukunft der Naturschutzgebiete in Deutschland. Die Situation im Süden und Ausblicke auf andere Landesteile*, Bonn: Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie.
- Hacking, Ian (1983): *Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, Cambridge/MA: Cambridge University Press.
- Haempel, Oskar (1930): *Fischereibiologie der Alpenseen*, Stuttgart: Schweizerbart.
- Hahn, Jürgen (1989): »Konzept einer umweltfreundlichen Entsorgung«. In: Gottfried Hösel/Bernd Bilitewski/Werner Schenkel/Helmut Schnurer (Hg.): *Müll-Handbuch*, Berlin: Schmidt, Band 1, Kennziffer 0140.
- Hansjürgens, Bernd/Lübbe-Wolff, Gertrude (2000): »Symbolische Umweltpolitik – Einführung und Überblick«. In: dies. (Hg.): *Symbolische Umweltpolitik*, Frankfurt/Main: Suhrkamp, S. 11-22.
- Hantge, Eberhard (1975): »Mülldeponien und Schutz des Grund- und Oberflächenwassers«. In: *Müll und Abfall* 7 (1): 1-4.
- Harkavy, Ira/Puckett, John L. (1994): »Lessons from Hull-House for the Contemporary Urban University«. In: *Social Service Review* 68 (3): 299-321.
- Heidenreich, Martin (2003): »Die Debatte um die Wissensgesellschaft«. In: Stefan Böschen/Ingo Schulz-Schaeffer (Hg.): *Wissenschaft in der Wissensgesellschaft*, Opladen: Westdeutscher Verlag, S. 25-51.
- Hempel, Carl Gustav (1965): *Aspects of Scientific Explanation: and Other Essays in the Philosophy of Science*, New York: Free Press.
- Henderson, Charles R. (1899): *Social Settlements*, New York: Lentilhon & Co.
- Heneghan, Liam/Rauschenberg, Carlton/Fatemi, Farrah/Workman, Margaret (2004): »European Buckthorn (*Rhamnus cathartica*) and its Effects on Some Ecosystem Properties in an Urban Woodland«. In: *Ecological Restoration* 22 (4): 275-280.
- Herbold, Ralf (2000): *Technische Praxis und wissenschaftliche Erkenntnis. Soziale Bedingungen von Forschung und Implementation im Kontext der Wissensgesellschaft*, Hamburg: Libri Books on Demand.
- Herbold, Ralf/Kämper, Eckart/Krohn, Wolfgang/Timmermeister, Markus/Vorwerk, Volker (2002): *Entsorgungsnetze. Kommunale Lösungen im Spannungsfeld von Technik, Regulation und Öffentlichkeit*, Baden-Baden: Nomos.
- Herbold, Ralf/Krohn, Wolfgang/Weyer, Johannes (Hg.) (1992): *Technisches Risiko und offene Planung. Strategien zur Bewältigung von Unsicherheit am Beispiel der Abfallbeseitigung*, Bielefeld: Veröffentlichung des Universitätsschwerpunktes Wissenschaftsforschung.

- Herbold, Ralf/Wienken, Ralf (1993): *Experimentelle Technikgestaltung und offene Planung. Strategien zur sozialen Bewältigung von Unsicherheit am Beispiel der Abfallbeseitigung*, Bielefeld: Kleine Verlag.
- Higgs, Eric S. (2003): *Nature by Design: People, Natural Process, and Ecological Design*, Cambridge/MA: MIT Press.
- Hoffmann-Riem, Holger/Groß, Matthias (2005): »Interdisziplinarität als Realexperiment: Rekursives Lernen in der Umweltforschung«. In: Bernhard Glaeser (Hg.): *Fachübergreifende Nachhaltigkeitsforschung*, München: Ökom Verlag.
- Hofmann, August Wilhelm (Hg.) (1982 [1888]): »Aus Justus Liebigs und Friedrich Wöhlers Briefwechsel in den Jahren 1829-1873: Erster Band«. In: *Wöhler und Liebig: Briefe von 1829-1873: aus Justus Liebig's u. Friedrich Wöhler's Briefwechsel in den Jahren 1829-1873* (hg. von Wilhelm Lewicki), Göttingen: Cromm.
- Holling, C. S. (1986): »The Resilience of Terrestrial Ecosystems – Local Surprise and Global Change«. In: William C. Clark/R. E. Munn (Hg.): *Sustainable Development of the Biosphere*, Cambridge/UK: Cambridge University Press, S. 392-317.
- Holmes, Samuel Jackson (1961): *Louis Pasteur*, New York: Dover.
- Hösel, Gottfried (1987): *Unser Abfall aller Zeiten. Eine Kulturgeschichte der Städtereinigung*, München: Kommunalschriften Verlag.
- Hughes, Thomas P. (1987): »The Evolution of Large Technological Systems«. In: Wiebe E. Bijker/Thomas P. Hughes/Trevor Pinch (Hg.): *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge/MA: MIT Press, S. 51-82.
- Imboden, Dieter (1985): »Restoration of a Swiss Lake by Internal Measures: Can Models Explain Reality?«. In: Renato Vismara/Rinaldo Marforio/Valeria Mezzanotte/Cernuschi, Stefano (Hg.): *Lake Pollution and Recovery*, Rome: European Water Pollution Control Assoc. Conference Proceedings, S. 91-102.
- Jänicke, Martin/Kunig, Philip/Stitzel, Michael (2003): *Umweltpolitik. Lern- und Arbeitsbuch*, Bonn: J.H.W. Dietz.
- Janssen, Marco A. (2002): »A Future of Surprises«. In: Lance H. Gunderson/C. S. Holling (Hg.): *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*, Washington, D.C.: Island Press, S. 241-260.
- Jasanoff, Sheila/Wynne, Brian (1998): »Science and Decisionmaking«. In: Steve Rayner/Elizabeth Malone (Hg.): *Human Choice and Climate Change, Vol. 1. The Societal Framework*. Columbus/OH: Battelle Press: 1-87.

- Jordan, William R. III (2003): *The Sunflower Forest: Ecological Restoration and the New Communion with Nature*, Berkeley: University of California Press.
- Jordan, William R. III/Gilpin, Michael E./Aber, John D. (Hg.) (1987): *Restoration Ecology: A Synthetic Approach to Ecological Research*, Cambridge/UK: Cambridge University Press.
- Jørgensen, Bo Barker/Des Marais, David J. (1990): »The Effective Boundary Layer of Sediments: Oxygen Microgradients Over a Microbial Mat«. In: *Limnology and Oceanography* 35 (6): 1343-1355.
- Kahn, Cynthia M./Line, Scott (2003) (Hg.): *Merck Veterinary Manual*, Merck & Co.: NJ, USA. Online-Version der 8. Auflage von Susan E. Aiello/Mays, Asa (Hg.) (1998 [1. Aufl. 1955]). In: URL: <http://www.merckvetmanual.com>.
- Kant, Immanuel (1956): *Kritik der reinen Vernunft* (hg. von Raymund Schmidt), Hamburg: Meiner.
- Keller, Reiner (1998): *Müll – Die gesellschaftliche Konstruktion des Wertvollen. Die öffentliche Diskussion über Abfall in Deutschland und Frankreich*, Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Kellor, Frances A. (1901): *Experimental Sociology. Descriptive and Analytical*, New York: Macmillan.
- Kessler, Eckhard (1990): »Salutati: Der Humanist und die Wissenschaften«. In: Coluccio Salutati: *Vom Vorrang der Jurisprudenz oder der Medizin. De nobilitate legum et medicinae. Lateinisch-deutsche Ausgabe* (hg. von Peter Michael Schenkel), München: Fink, S. VII-XXV.
- Klee, Ernst (1997): *Auschwitz, die NS-Medizin und ihre Opfer*, Frankfurt/Main: Fischer.
- Klotter, H. E. (1965): »Die geordnete und kontrollierte Ablagerung von industriellen und gewerblichen Abfällen«. In: *Wasser und Boden* 17: 366-369.
- Knoppe, Tanja Nikola (2002): *Untersuchungen zur Medikamentenempfindlichkeit von Trypanosoma congolense (Brodin 1904) Stämmen aus Rindern in Burkina Faso, Westafrika*, Freie Universität Berlin: Diss. In: URL: <http://library.vetmed.fu-berlin.de/hochschulschriften/2002/147.html>.
- Köberle, Susanne/Gloede, Fritz/Hennen, Leonhard (Hg.) (1997): *Diskursive Verständigung? Mediation und Partizipation in Technikkontroversen*, Baden-Baden: Nomos.
- Kohler, Robert E. (2002): *Landscapes and Labscapes. Exploring the Lab-Field Border in Biology*, Chicago: University of Chicago Press.
- Kohler, Robert E. (2004): »Natural Experiments as Labscape Science«, Vortrag auf dem Workshop zu *Real-World Experiments: Combining Ecological Research and Design*, Bielefeld, 8.-12. September 2004.

- Koyré, Alexandre (1969): *Von der geschlossenen Welt zum unendlichen Universum*, Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Koyré, Alexandre (1992): *Metaphysics and Measurement*, Yverdon: Gordon and Breach Science Publishers.
- Kristeller, Paul Oskar (1974): *Humanismus und Renaissance I. Die antiken und mittelalterlichen Schriften* (Hg. von Eckhard Kessler), München: Fink.
- Krohn, Wolfgang (1987): *Francis Bacon*, München: Beck.
- Krohn, Wolfgang (1998): »Goethes Versuch über den Versuch«. In: Peter Matussek (Hg.): *Goethe und die Verzeitlichung der Natur*, München: Beck, S. 399-413.
- Krohn, Wolfgang (2001): »Knowledge Societies«. In: Neil J. Smelser/Paul B. Baltes (Hg.): *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*, Oxford: Blackwell, S. 8139-8143.
- Krohn, Wolfgang (2003): »Das Risiko des (Nicht-)Wissens«. In: Stefan Bösch/Ingo Schulz-Schaeffer (Hg.): *Wissenschaft in der Wissensgesellschaft*, Opladen: Westdeutscher Verlag, S. 97-118.
- Krohn, Wolfgang/Schäfer, Wolf (1978): »Ursprung und Kultur der Agrikulturchemie«. In: Gernot Böhme/Wolfgang van den Daele/Rainer Hohlfeld/Wolfgang Krohn/Wolf Schäfer/Tilman Spengler (Hg.): *Die gesellschaftliche Orientierung des wissenschaftlichen Fortschritts*, Frankfurt/Main: Suhrkamp, S. 23-68.
- Krohn, Wolfgang/Weyer, Johannes (1989): »Die Gesellschaft als Labor. Die Erzeugung sozialer Risiken durch experimentelle Forschung«. In: *Soziale Welt* 40 (3): 349-373.
- Kuhn, Thomas S. (1976): *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen*, Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Kutzschbauch, Kurt/Heiser, Inge (2003): »Abfallwirtschaft im Umbruch: Energie aus Abfall«. In: *Müll und Abfall* 35 (9): 489-492.
- Lahusen, Christian (2003): »Die Kontraktualisierung des Politischen«. In: Armin Nassehi/Markus Schroer (Hg.): *Der Begriff des Politischen*, Soziale Welt Sonderband 14, Baden-Baden: Nomos, S. 101-116.
- Langer, W. (1969): »Die ungeordnete und die geordnete Ablagerung«. In: *Stuttgarter Berichte zur Siedlungswirtschaft* 25: 5-31.
- Lathrop, Julia C. (1894): »Discussion: Hull-House as a Laboratory of Sociological Investigation«. In: *Proceedings of the National Conference of Charities* 21: 313-320.
- Latour, Bruno (1983): »Give me a Laboratory and I will Raise the World«. In: Karin D. Knorr-Cetina/Michael Mulkay (Hg.): *Science Observed: Perspectives in the Social Study of Science*, London: Sage, S. 141-170.
- Latour, Bruno (1988): *The Pasteurization of France*, Cambridge/MA: Harvard University Press.

- Latour, Bruno (2004): »Ein Experiment von und mit uns allen«. In: Gerhard Gamm/Andreas Hetzel/Markus Lilienthal (Hg.): *Die Gesellschaft im 21. Jahrhundert*, Frankfurt/Main: Campus: 185-195.
- Lawes, John Bennet/Gilbert, Joseph Henry/Warington, Robert (1882): »On the Amount and Composition of the Rain and Drainage Waters Collected at Rothamsted«. In: *Journal of the Royal Agricultural Society of England* 18: 2-71.
- Lee, G. Fred/Sonzogni, William C./Spear, R. D. (1977): »Significance of Oxidic vs Anoxic Conditions for Lake Mendota Sediment Phosphorus Release«. In: Helmut L. Golterman (Hg.): *Interactions between Sediment and Fresh Water*, The Hague: Dr. W. Junk B. V. Publishers, S. 294-306.
- Lengermann, Patricia M./Niebrugge-Brantley, Jill (2002): »Back to the Future. Settlement Sociology, 1885-1930«. In: *The American Sociologist* 33 (3): 5-20.
- Liebig, Justus von (1844): *Bemerkungen über das Verhältnis der Thierchemie zur Thier-Physiologie*, Heidelberg: Winter.
- Liebig, Justus von (1862): *Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*, 2 Bde. Braunschweig: Vieweg.
- Liebig, Justus von (1967 [1878]): *Chemische Briefe*, Hildesheim: Olms.
- Lindner, Rolf (1990): *Die Entdeckung der Stadtkultur. Soziologie aus der Erfahrung der Reportage*, Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Lyman, Stanford M. (1992): *Militarism, Imperialism, and Racial Accommodation. An Analysis and Interpretation of the Early Writings of Robert E. Park*, Fayetteville: The University of Arkansas Press.
- Malthus, Thomas Robert (1993): *An Essay on the Principle of Population*, Oxford: Oxford University Press.
- Marmorek, David (2004): »Adaptive Management: Theory and Practice«. Vortrag auf dem Workshop zu *Real-World Experiments: Combining Ecological Research and Design*, Bielefeld, 8.-12. September 2004.
- Matussek, Peter (1998): »Formen der Verzeitlichung: Der Wandel des Faustischen Naturbildes und seine historischen Hintergründe«. In: ders. (Hg.): *Goethe und die Verzeitlichung der Natur*, München: Beck, S. 202-232.
- Meyer, Kirsten (2003): *Der Wert der Natur. Begründungsvielfalt im Naturschutz*, Paderborn: Mentis.
- Meyer-Abich, Klaus Michael (1997): *Praktische Naturphilosophie*, München: Beck.
- Miller, Linda M./Tauber, Tiffany S./Lee, Linda J. (1997): *Community Participation in a Dune Restoration Program at the Manila Beach Dunes, Manila, California*, Arcata, California: Manuskript des Center for Natural Lands Management.

- Mittelstraß, Jürgen (1998): *Das Undenkbare denken. Über den Umgang mit dem Undenkbaren und Unvorstellbaren in der Wissenschaft*, Konstanz: UVK.
- Mortimer, Clifford H. (1941): »The Exchange of Dissolved Substances between Mud and Water in Lakes«. In: *The Journal of Ecology* 29 (2): 280-329.
- Mortimer, Clifford H. (1942): »The Exchange of Dissolved Substances between Mud and Water in Lakes«. In: *The Journal of Ecology* 30 (1): 147-201.
- Murray, Carol/Marmorek, David (2003): »Adaptive Management and Ecological Restoration«. In: Friederici, Peter (Hg.): *Ecological Restoration of Southwestern Ponderosa Pine Forests*, Washington, D.C.: Island Press, S. 417-428.
- Naumann, Einar (1932): *Grundzüge der regionalen Limnologie*, Stuttgart: Schweizerbart.
- Naumann, Erich (1961): *60 Jahre Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene*, Stuttgart: G. Fischer.
- Nielsen, Donald R./Biggar, James W. (1961): »Miscible Displacement: I. Experimental Information«. In: *Soil Science Society of America Proceedings* 25: 1-5.
- Novalis (1960): »Heinrich von Ofterdingen«. In: ders.: *Schriften: Die Werke Friedrich von Hardenbergs, Erster Band* (hg. von Paul Kluckhohn und Richard Samuel), Stuttgart: Kohlhammer, S. 193-369.
- Nowotny, Helga (1999): *Es ist so. Es könnte auch anders sein*, Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Nowotny, Helga/Scott, Peter/Gibbons, Michael (2004 [2001]): *Wissenschaft neu denken: Wissen und Öffentlichkeit in einem Zeitalter der Ungewissheit*, Weilerswist: Velbrück.
- Oakley, Ann (2000): *Experiments in Knowing: Gender and Method in the Social Sciences*, New York: The New Press.
- Ohle, Waldemar (1953): »Der Vorgang rasanter Seenalterung in Holstein«. In: *Die Naturwissenschaften* 40 (5): 153-162.
- Packard, Vance (1991 [1960]): *Die große Verschwendung*, Berlin: Ullstein.
- Panofsky, Erwin (1962): »Artist, Scientist, Genius: Notes on the »Renaissance-Dämmerung««. In: Wallace K. Ferguson/Robert S. Lopez/George Sarton (Hg.): *The Renaissance: Six Essays*, New York: Harper, S. 121-182.
- Pappworth, Maurice H. (1967): *Human Guinea Pigs. Experimentation on Man*, London: Routledge & Kegan Paul.
- Park, Robert E. (1906): »Tuskegee and its Mission«. In: *The Colored American Magazine* 10 (5): 347-354.
- Park, Robert E. (1908): »Agricultural Extension Among the Negroes«. In: *The World To-Day* 15 (8): 820-826.

- Park, Robert E. (1915): »The City: Suggestions for the Investigation of Human Behavior in the City Environment«. In: *American Journal of Sociology* 20 (5): 577-612.
- Park, Robert E. (1923): »Editor's Preface«, in Anderson, Nels: *The Hobo. The Sociology of the Homeless Man*, Chicago: University of Chicago Press, S. v-viii.
- Park, Robert E. (1924): »The Significance of Social Research in Social Service«. In: *Journal of Applied Sociology* 8 (5): 263-267.
- Park, Robert E. (1925a): »Community Organization and the Romantic Temper«. In: *Social Forces* 3 (4): 673-677.
- Park, Robert E. (1925b): »The City: Suggestions for the Investigation of Human Behavior in the Urban Environment«. In: Robert E. Park/Ernest W. Burgess/Roderick D. McKenzie (Hg.): *The City*, Chicago: University of Chicago Press, 1-46.
- Park, Robert E. (1926a): »The Concept of Position in Sociology«. In: *Publications of the American Sociological Society* 20: 1-14.
- Park, Robert E. (1926b): »Methods of a Race Survey«. In: *Journal of Applied Sociology* 10 (5): 410-415.
- Park, Robert E. (1929): »The City as a Social Laboratory«. In: Thomas V. Smith/Leslie D. White (Hg.): *Chicago: An Experiment in Social Science Research*, Chicago: University of Chicago Press, S. 1-19.
- Park, Robert E. (1936): »Human Ecology«. In: *American Journal of Sociology* 42 (1): 1-15.
- Park, Robert E. (1939): »Symbiosis and Socialization: A Frame of Reference for the Study of Society«. In: *American Journal of Sociology* 45 (1): 1-25.
- Park, Robert E./Burgess, Ernest W. (1972 [1921]): *Introduction to the Science of Sociology*, Chicago: University of Chicago Press.
- Parthey, Heinrich/Wahl, Dietrich (1966): *Die experimentelle Methode in Natur- und Geisteswissenschaften*, Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften.
- Paschla, Helmut/Rindtorff, Ermbrecht (2003): »Die EuGH-Entscheidungen zur Abfall-Verbrennung und Abfall-Mitverbrennung und ihre Folgen«. In: *Müll und Abfall* 35 (6): 264-276.
- Petersen, Frank/Rid, Urban (1996): *Abfallrecht. Textausgabe mit Einführung und Schlagwortverzeichnis*, Baden-Baden: Nomos.
- Pickering, Andrew (1995): *The Mangle of Practice. Time, Agency, and Science*, Chicago: University of Chicago Press.
- Poferl, Angelika (2000): »Gesellschaft im Selbstversuch«. In: Ulrich Beck/Andre Kieserling (Hg.): *Ortsbestimmungen der Soziologie*, Baden-Baden: Nomos, 31-40.
- Raushenbush, Winifred (1979): *Robert E. Park. Biography of a Sociologist*, Durham/NC: Duke University Press.

- Renn, Ortwin/Webler, Thomas/Wiedemann, Peter (Hg.) (1995): *Fairness and Competence in Citizen Participation: Evaluating Models for Environmental Discourse*, Dordrecht: Kluwer.
- Rheinberger, Hans-Jörg (2001): *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*, Göttingen: Wallstein.
- Riecken, Henry W./Boruch, Robert F./Campbell, Donald T./Caplan, Nathan/Glennan, Thomas/Pratt, John/Rees, Albert/Williams, Walter (1974): *Social Experimentation. A Method for Planning and Evaluating Social Intervention*, New York: Academic Press.
- Rosanoff, Martin A. (1932): »Edison in His Laboratory«. In: *Harper's Monthly Magazine* 83 (993): 402-407.
- Ryden, John C./Syers, J. K./Harris, R. F. (1973): »Phosphorus in Runoff and Streams«. In: *Advances in Agronomy* 25: 1-45.
- Salutati, Coluccio (1990): *Vom Vorrang der Jurisprudenz oder der Medizin. De nobilitate legum et medicinae. Lateinisch-deutsche Ausgabe* (hg. von Peter Michael Schenkel), München: Fink.
- Santschi, Peter/Höhener, Patrick/Benoit, Gaboury/Bucholtzten Brink, Marilyn (1990): »Chemical Processes at the Sediment-Water Interface«. In: *Marine Chemistry* 30: 269-315.
- Schata, Martin (2000): »Giftregen aus dem Bottich«. In: *Der Spiegel* 53 (14): 222.
- Schatzki, Theodore R./Knorr Cetina, Karin/von Savigny, Eike (Hg.) (2001): *The Practice Turn in Contemporary Theory*, London: Routledge.
- Schenkel, Werner (1975): »Einführung in die Problematik der geordneten Deponie von Abfällen«. In: *Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft* 1: o.S.
- Schenkel, Werner (1980): »Überlegungen zum Langzeitverhalten von Deponien«. In: *Müll und Abfall* 12: 340-343.
- Schenkel, Werner (1985): »Was kann das Recycling von Abfällen leisten?«. In: *Der Städtetag. Zeitschrift für Praxis und Wissenschaft der kommunalen Verwaltung* 38 (6): 429-433.
- Schenkel, Werner (1986): »Entwickelt sich die Deponie zur Pyramide des Konsumzeitalters?«. In: Hans Peter Lühr (Hg.): *Die Deponie – ein Bauwerk? Symposium Aachen, 18.-19.9.1986*, Berlin: IWS Schriftenreihe, S. 95-102.
- Schindler, David (1974): »Eutrophication and Recovery in Experimental Lakes: Implications for Lake Management«. In: *Science* 184: 897-899.
- Schink, Alexander (2000): »Elemente symbolischer Umweltpolitik im Abfallrecht«. In: Bernd Hansjürgens/Gertrude Lübke-Wolff (Hg.): *Symbolische Umweltpolitik*, Frankfurt/Main: Suhrkamp, S. 102-143.
- Schramm, Engelbert (1997): *Im Namen des Kreislaufs. Ideengeschichte der Modelle vom ökologischen Kreislauf*, Frankfurt/Main: IKO Verlag.



- Schrammeck, Elmar (1973): »Gewässerbeeinträchtigungen durch Deponien und Abfallagerstätten. Empfehlungen zur laufenden Überwachung«. In: *Gas- und Wasserfach* 114: 214-217.
- Schulz, Winfried (1970): *Kausalität und Experiment in den Sozialwissenschaften*, Mainz: Hase & Koehler.
- Schwertmann, Udo (1973): »Der landwirtschaftliche Anteil am Phosphoreintrag in Gewässer (Literaturübersicht) und die Bedeutung des Bodens hierfür«. In: *Wasser- und Abwasser-Forschung* 6: 190-195.
- Shore, Debra (1997): »The Chicago Wilderness and its Critics, II – Controversy Erupts over Restoration in the Chicago Area«. In: *Restoration & Management Notes* 15 (1): 25-31.
- Siebel, Wigand (1965): *Die Logik des Experiments in den Sozialwissenschaften*, Berlin: Duncker & Humblot.
- Simmel, Georg (1998 [1911]): *Philosophische Kultur. Gesammelte Essays*, Berlin: Wagenbach.
- Slade, N. (1987): *A Brief History of the Ranch*, Amboni Ltd., unveröffentlichtes Manuskript
- Small, Albion W. (1921): »The Future of Sociology«. In: *Publications of the American Sociological Society* 15: 174-193.
- Small, Albion W./Vincent, George E. (1894): *An Introduction to the Science of Society*, New York: American Book Co.
- Smith, Thomas V./White, Leslie D. (Hg.) (1929): *Chicago. An Experiment in Social Science Research*, Chicago: University of Chicago Press.
- Stamm, Christian (1994): *Sempachersee: Einzugsgebiet der großen Aa. Zusammenhänge zwischen Nutzung und Phosphorbelastung. Synthesebericht*, Luzern: Kantonales Amt für Umweltschutz.
- Stamm, Christian (1997): *Rapid Transport of Phosphorus in Drained Grassland Soils*, Zürich: Diss. ETH Nr. 12486.
- Stegmann, Rainer/Ehrig, Hans-Jürgen (1980): »Entstehung von Gas und Sickerwasser in geordneten Deponien«. In: *Müll und Abfall* 12: 41-52.
- Stehr, Nico (2000): *Die Zerbrechlichkeit moderner Gesellschaften: Die Stagnation der Macht und die Chancen des Individuums*, Weilerswist: Velbrück.
- Stevens, William K. (1995): *Miracle under the Oaks. The Revival of Nature in America*, New York: Pocket Books.
- Stief, Klaus (1977): »Ablagerung von Abfällen – Stand der Technik und Entwicklungstendenzen«. In: *Der Landkreis* 47: 331-334.
- Stief, Klaus (1989): »Deponietechnik im Umbruch. Nachbesserung bestehender Deponien«. In: *Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft* 30: 7-31.
- Stief, Klaus (1991): »Haben Deponien für unbehandelte Sonderabfälle eine Zukunft?«. In: Klaus Stief/Klaus-Peter Fehlau (Hg.), *Fortschritte der Deponietechnik 1990. Neue Anforderungen an die Abfallablagerung*, Berlin: Schmidt: 27-52.

- Stotz, Douglas F./Fitzpatrick, John W./Parker, Theodore A./Moskovits, Debra K. (1996): *Neotropical Birds. Ecology and Conservation*, Chicago: University of Chicago Press.
- Sudicky, Edward A. (1986): »A Natural Gradient Experiment on Solute Transport in a Sand Aquifer: Spatial Variability of Hydraulic Conductivity and its Role in the Dispersion Process«. In: *Water Resources Research* 22 (13): 2069-2082.
- Teherani-Krönner, Parto (1992): *Human- und kulturökologische Ansätze zur Umweltforschung*, Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.
- That, Pueng (2004): *Mkwaja Ranch: A Management's Perspective of Cattle Ranching in Tanzania between 1952 and 2000*, Zürich: ETH Diplomarbeit.
- Thienemann, August (1926): »Der Nahrungskreislauf im Wasser«. In: *Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft* 31: 29-79.
- Thomas, Eugen A. (1944): »Ueber Maßnahmen gegen die Eutrophierung unserer Seen und zur Förderung ihrer biologischen Produktionskraft«. In: *Schweizerische Fischerei-Zeitung* 52 (7): 161-164, 198-202.
- Thomas, Eugen A. (1953): »Zur Bekämpfung der See-Eutrophierung: Empirische und experimentelle Untersuchungen zur Kenntnis der Minimumstoffe in 46 Seen der Schweiz und angrenzender Gebiete«. In: *Schweizerischer Verein von Gas- und Wasserfachmännern* 33 (2): 25-32, 71-79.
- Thomas, William I. (1914): »The Prussian-Polish Situation. An Experiment in Assimilation«. In: *Publications of the American Sociological Society* 8: 84-99.
- Thoreau, Henry D. (1995 [1859]): *Walden*, London: Everyman.
- Timmermeister, Markus (1999): *Entstehung und Gestaltung eines neuen Politikfelds. Die Abfallpolitik in der Bundesrepublik Deutschland in den neunziger Jahren*, Universität Bielefeld: Diss.
- Trolander, Judith (1991): »Hull-House and the Settlement House Movement. A Centennial Reassessment«. In: *Journal of Urban History* 17 (4): 410-420.
- Turner, Frederick (1991): *Rebirth of Value. Meditations on Beauty, Ecology, Religion, and Education*, Albany: State University of New York Press.
- Valla, Lorenzo (1987): *Über den freien Willen. De libero arbitrio. Lateinisch-deutsche Ausgabe* (Hg. von Eckhard Keßler), München: Fink.
- Vincent, George E. (1905): »A Laboratory Experiment in Journalism«. In: *American Journal of Sociology* 11 (3): 297-311.
- Voelcker, Augustus (1874): »On the Composition of Waters of Land-drainage«. In: *Journal of the Royal Agricultural Society of England* 10: 132-165.
- Volhard, Jakob (1909): *Justus von Liebig*, Leipzig: Ambrosius Barth.

- Vollenweider, Richard A. (1968): *Die Wissenschaftlichen Grundlagen der Seen- und Fließgewässereutrophierung, unter besonderer Berücksichtigung des Phosphors und des Stickstoffs als Eutrophierungsfaktoren*, DAS/CSI/68.27, Paris: OECD.
- Vollenweider, Richard A. (1976): »Advances in Defining Critical Loading Levels for Phosphorus in Lake Eutrophication«. In: *Memorie dell'Istituto Italiano Idrobiologia Dottore Marco de Marchi* 33: 53-83.
- Vorwerk, Volker (2001): »Mediation: Konfliktvermittlung im Umweltbereich«. In: Stephan Bröckler/Georg Simonis/Karsten Sundermann (Hg.), *Handbuch Technikfolgenabschätzung*, Bd. 2, Berlin: Sigma: S. 705-712.
- Wallhäußer, Karl-Heinz (1972): »Die Beseitigung von Kunststoffen in der geordneten Deponie«. In: *Müll und Abfall* 4 (1): 14-19.
- Walters, Carl J./Holling, C.S. (1990): »Large-Scale Management Experiments and Learning by Doing«. In: *Ecology* 71 (6): 2060-2068.
- Weatherly, Ulysses G. (1923): »The West Indies as a Sociological Laboratory«. In: *American Journal of Sociology* 29 (3): 290-304.
- Weber, Carl-August (1907): »Aufbau und Vegetation der Moore Norddeutschlands«. In: *Beiblatt zu den Botanischen Jahrbüchern* 90: 19-34.
- Wehking, Karl-Heinz/Holzhauser, Ralf (1989): »Normmüll – eine neue Möglichkeit zur Optimierung der Entwicklung und des Testes von förder-, lager- und handhabungstechnischen Einrichtungen für die Entsorgungswirtschaft«. In: *Müll und Abfall* 21 (5): 242-248.
- Wehling, Peter (2001): »Jenseits des Wissens? Wissenschaftliches Nichtwissen aus soziologischer Perspektive«. In: *Zeitschrift für Soziologie* 30 (6): 465-484.
- Weingart, Peter (2001): *Die Stunde der Wahrheit? Zum Verhältnis der Wissenschaft zu Politik, Wirtschaft und den Medien in der Wissensgesellschaft*, Weilerswist: Velbrück.
- Weyer, Johannes (1991): »Experiment Golfkrieg: Zur kooperativen Koppelung systematischer Handlungsprogramme von Politik und Wissenschaft«. In: *Soziale Welt* 42 (4): 405-426.
- Willke, Helmut (1989): *Systemtheorie entwickelter Gesellschaften. Dynamik und Riskanz moderner gesellschaftlicher Selbstorganisation*, Weinheim: Juventa.
- Yates, Frances Amelia (1972): *The Rosicrucian Enlightenment*, London: Routledge & Kegan Paul.
- Yates, Frances Amelia (1979): *The Occult Philosophy in the Elizabethan Age*, London: Routledge & Kegan Paul.
- Young, Truman P. (2000): »Restoration Ecology and Conservation Biology«. In: *Biological Conservation* 92 (1): 73-83.

- Ziehmman, Gunnar/Münnich, Kai/Haarstrick, Andreas/Fricke, Klaus/Hempel, Dietmar C. (2003): »Deponiemonitoring – Was? Wozu? Wo? Wie oft? Wie lange? Teil 1« In: *Müll und Abfall* 36 (4): 156-161.
- Zilsel, Edgar (1976): *Die sozialen Ursprünge der neuzeitlichen Wissenschaft*, Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Zilsel, Edgar (2000): *The Social Origins of Modern Science* (hg. von Diederick Raven und Wolfgang Krohn), Dordrecht: Kluwer.
- Zimmermann, Willi/Knoepfel, Peter (1987): *Landwirtschaft und Umwelt im politischen Alltag. Drei Fälle für die Schule*, Bern: Bundesamt für Umweltschutz.
- Zorbaugh, Harvey W. (1926): »The Natural Areas of the City«. In: *Publications of the American Sociological Society* 20: 188-197.
- Zueblin, Charles (1899): »The World's First Sociological Laboratory«. In: *American Journal of Sociology* 4 (3): 577-592.

## Titel zu den Science Studies:

Matthias Groß,  
Holger Hoffmann-Riem,  
Wolfgang Krohn  
**Realexperimente**  
Ökologische Gestaltungs-  
prozesse in der  
Wissensgesellschaft

Juni 2005, 236 Seiten,  
kart., 24,80 €,  
ISBN: 3-89942-304-6

Elke Bippus, Andrea Sick (Hg.)  
**Industrialisierung<>Techno-  
logisierung von Kunst und  
Wissenschaft**

Juni 2005, 316 Seiten,  
kart., ca. 50 Abb., ca. 26,80 €,  
ISBN: 3-89942-317-8

Corinna Bath, Yvonne Bauer,  
Bettina Bock von Wülfinen,  
Angelika Saupe,  
Jutta Weber (Hg.)  
**Materialität denken**  
Studien zur technologischen  
Verkörperung –  
Hybride Artefakte, posthumane  
Körper

April 2005, 222 Seiten,  
kart., 23,80 €,  
ISBN: 3-89942-336-4

Michael Guggenheim  
**Organisierte Umwelt**  
Umweltdienstleistungsfirmen  
zwischen Wissenschaft,  
Wirtschaft und Politik

März 2005, 338 Seiten,  
kart., 28,80 €,  
ISBN: 3-89942-296-1

Jacqueline Holzer  
**Linguistische Anthropologie**  
Eine Rekonstruktion

Januar 2005, 322 Seiten,  
kart., 29,80 €,  
ISBN: 3-89942-301-1

Bettina Heintz, Martina Merz,  
Christina Schumacher  
**Wissenschaft, die Grenzen  
schafft**

Geschlechterkonstellationen im  
disziplinären Vergleich

2004, 320 Seiten,  
kart., 26,80 €,  
ISBN: 3-89942-196-5

Peter Weingart  
**Wissenschaftssoziologie**

2003, 172 Seiten,  
kart., 13,80 €,  
ISBN: 3-933127-37-8

Theresa Wobbe (Hg.)  
**Zwischen Vorderbühne und  
Hinterbühne**

Beiträge zum Wandel der  
Geschlechterbeziehungen in  
der Wissenschaft vom 17.  
Jahrhundert bis zur Gegenwart

2003, 312 Seiten,  
kart., 25,80 €,  
ISBN: 3-89942-118-3

Leseproben und weitere Informationen finden Sie unter:  
[www.transcript-verlag.de](http://www.transcript-verlag.de)